KELAS XI SEMESTER 3

# TEKNIK GAMBAR MANUFAKTUR

# PETA KEDUDUKAN MODUL

Program Keahlian : Teknik Mesin

Paket Keahlian : Teknik Pemesinan

Kelas / Semester : XI / 3

# DAFTAR ISI

## DAFTAR GAMBAR

## DAFTAR TABEL

## Glosarium

| | |
|---|---|
| arsir | mengarsir menarik garis–garis sejajar atau silangmenyilang |
| bagan | gambar rancangan |
| *close running fit* | bagian–bagian yang harus dapat berputar dengan mudahbergerak sedangkan celah diantaranya tidaklah besar |
| *close sliding fit* | bagian–bagian yang harus dapat dipasang dengan tanganatau dipukul dengan palu lunak |
| diagonal | garis lurus dari sudut ke titik sudut lain yang letaknya tidakbersebelahan |
| diagram | memperlihatkan susunan |
| elemen kompetensi atausubkompetensi | adalah keterampilan-keterampilan yang membangun sebuah unit kompetensi |
| elips | bentuk bundar lonjong |
| fabrikasi | pembuatan/pembikinan yang biasanya berhubungan dengan logam |
| fit | suaian/padanan |
| *forse fit* | bagian–bagian yang merupakan hubungan tetap dandapat dipercaya, tetapi harus dapat dilepas dengan alat–alat tangan |
| fungsional | berguna guru/pembimbing orang yang memberikanpelatihan keterampilan, pengetahuan dan sikap dalamkegiatan pendidikan dan pelatihan |
| kompeten | mampu melakukan pekerjaan dan memiliki keterampilan,pengetahuan dan sikap yang diperlukan untukmelaksanakan pekerjaan tertentu secara efektif dan efisiendi tempat kerja serta sesuai dengan standar yang telahditetapkan |

| kontinyu | bersinambung (terus menerus) |
|---|---|
| konvensional | berdasarkan kesepakatan |
| kriteria unjuk kerja | patokan-patokan yang digunakan untuk mengukur apakahseseorang sudah mencapai suatu kompetensi pada unitkompetensi tertentu |
| maya | khayalan (semu) |
| ortogonal | suatu metode proyeksi yaitu metode proyeksi sudutpertama dan ketiga untuk menggambarkan suatu bendapada sebuah bidang |
| pelatihan berdasarkan kompetensi | pelatihan yang berkaitan dengan kemampuan seseorang dalam penguasaan suatu area kompetensi/keahlian secara teratur dan mengacu pada standar yang ditetapkan |
| penilaian | proses final yang memastikan peserta pendidikan dan pelatihan memenuhi standar-standar yang dibutuhkan oleh standar kompetensi industri, proses penilaian ini dilakukan<br>oleh seseorang penilai yang memenuhi persyaratan (cakap dan berkualitas) dalam kerangka yang telah disepakatai secara formal |
| penilai | seseorang yang telah diakui/ditunjuk oleh pihak yangberkompeten untuk melakukan kegiatan penilaian/pengujian kepada peserta pendidikan dan pelatihan untuksuatu area tertentu |
| penilaian | kegiatan pengukuran tingkat keberhasilan kegiatanpendidikan dan pelatihan dengan menggunakan alatpembanding standar-standar yang telah ditetapkan |
| penilaian formatif | kegiatan penilaian bersekala kecil yang dilakukan selamakegiatan pendidikan dan pelatihan untuk |

| | |
|---|---|
| | membantumemastikan kegiatan pemelajaran berjalan sesuai denganrencana pemelajaran danmemberikan umpan balikkepada peserta pendidikan dan pelatihan tentangkemajuan belajar yang mereka capai |
| penilaian sumatif | kegiatan penilaian yang dilakukan setelah kegiatan pendidikan dan pelatihan dalam satu unit kompetensi telahdiselesaikan yang bertujuan untuk memastikan apakahpeserta pendidikan dan pelatihan sudah mencapai kriteriaunjuk kerja dalam satu unit kompetensi tertentu |
| perspektif | cara menuliskan suatu benda pada permukaan yangmendatar sebagaimana yang terlihat oleh mata dengantiga dimensi |
| poros | benda kedua ujungnya berbentuk silinder |
| press fit | bagian–bagian yang saling menekan dengan kuat,umumnya bila dilepas akan rusak |
| prioritas | yang didahulukan dan diutamakan dari pada yang lain |
| profil | penampang |
| radius | jarak dari pusat ke keliling lingkaran; jari–jari (lingkaran) |
| referensi | sumber |
| reproduksi | tiruan (hasil ulang) |
| *running fit* | bagian–bagian yang harus diputar/ bergerak dengan celahyang nyata |
| *silindris* | bentuk silinder |
| *sliding fit* | bagian – bagian yang harus dapat diputar selama bekerja |
| siswa/peserta diklat (pendidikan dan | orang yang menerima/mengikuti kegiatan pendidikan danpelatihan |

| | |
|---|---|
| pelatihan) | |
| tirus | makin keujung makin kecil |
| transisi | peralihan dari keadaan satu kepada keadaan yang lain |
| unit kompetensi | satu unit keterampilan tertentu yang membangun sebuahkompetensi |
| *wringing fit* | bagian–bagian yang terpasang dengan kuat tetapi harusdapat dipasang atau dilepas dengan mudah (dengan palu lunak atau alat pres tangan) |

# KEGIATAN BELAJAR 1
# TOLERANSI DAN SUAIAN

## A. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

1) Mengetahui fungsi dari toleransi linier
2) Mengetahui istilah yang digunakan dalam toleransi linier
3) Memahami cara penggunaan tabel toleransi umum
4) Mengetahui tentang toleransi menurut ISO dan suaian
5) Memahami cara penyajian toleransi menurut ISO dan suaian
6) Mampu membaca dan menyajikan toleransi pada gambar kerja

## B. Uraian Materi

### 1. Toleransi

Toleransi ukuran (dimensional tolerance) adalah perbedaan ukuran antara kedua harga batas (two permissible limits) dimana ukuran atau jarak permukaan/batas geometri komponen harus terletak. Untuk setiap komponen perlu didefinisikan suatu ukuran dasar (basic size) sehingga kedua harga batas (maksimum dan minimum, yang membatasi daerah toleransi; tolerance zone)dapat dinyatakan dengan suatu penyimpangan (deviation) terhadap ukuran dasar. Ukuran dasar ini sedapat mungkin dinyatakan dengan bilangan bulat. Besar dan tanda (positif atau negatif) penyimpangan dapat diketahui dengan cara mengurangkan ukuran dasar terhadap harga batas yang bersangkutan.

Berdasarkan atas pertimbangan akan pentingnya komponen dengan bentuk silinder (yang mempunyai penampang lingkaran) dalam bangunan mesin serta untuk mempermudah pembahasan, selanjutnya hanya akan dipandang komponen-

komponen silindrik. Tentu saja sistem limit dan suaian ISO ini dapat pula digunakan untuk komponen-komponen yang tidak silindrik. Dengan demikian, istilah lubang (hole) dan poros (shaft) disini dapat diartikan secara lebih luas dengan maksud untuk menunjukan “ruang kosong” dan “ruang padat” yang dibatasi oleh dua buah muka atau bidang-bidang singung. Contohnya lebar alur dan tebal pasak.

Dengan mengambil contoh suatu poros dan suatu lubang, beberapa istilah yang telah didefinisikan diatas serta beberapa istilah lain yang penting diperlihatkan pada gambar.

## 1.1 Toleransi Linier (Linier Tolerances)

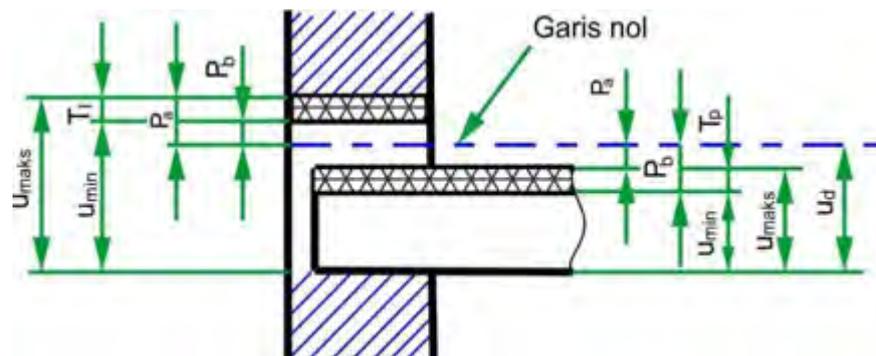
Sampai saat ini, untuk membuat suatu benda kerja, sulit sekali untukmencapai ukuran dengan tepat, hal ini disebabkan antara lain oleh:

a) Kesalahan melihat alat ukur
b) Kondisi alat/mesin
c) Terjadi perubahan suhu pada waktu penyayatan/pengerjaan benda kerja.

Berdasarkan paparan tersebut, setiap ukuran dasar harus diberi dua penyimpangan izin yaitu penyimpangan atas dan penyimpangan bawah. Perbedaan antara penyimpangan atas dan penyimpangan bawah adalah toleransi.

Tujuan penting toleransi ini adalah agar benda kerja dapat diproduksi secara massal pada tempat yang berbeda dan tetap dapat memenuhi fungsinya, terutama fungsi mampu tukar, seperti pada suku cadang mesin otomotif yang diperdagangkan.

**Istilah dalam Toleransi**

Pengertian istilah dalam lingkup toleransi dapat dilihat pada gambar dan paparan berikut ini.

**Gambar 1. 1 Istilah dalam toleransi**

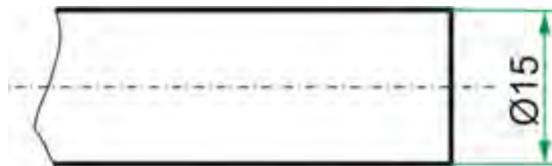
Keterangan:

| | | |
|---|---|---|
| Ud | = | ukuran dasar (nominal), ukuran yang dibaca tanpa penyimpangan |
| Pa | = | penyimpangan atas (upper allowance), penyimpangan terbesar yangdiizinkan |
| Pb | = | penyimpangan bawah (lower allowance) penyimpangan terkecil yang diizinkan . |
| Umaks | = | ukuran maksimum izin, penjumlahan antara ukuran dasar dengan penyimpangan atas |
| Umin | = | ukuran minimum izin, penjumlahan antara ukuran dasardengan penyimpangan bawah. |
| TL | = | toleransi lubang; TP = toleransi poros : perbedaan antara penyimpangan atas dengan penyimpangan bawah atau perbedaan antara ukuran maksimum dengan ukuran minimum izin. |

GN = garis nol, ke atas daerah positif dan kebawah daerah negatif.

US = ukuran sesungguhnya, ukuran dari hasil pengukuran benda kerja setelah diproduksi, terletak diantara ukuran minimum izin sampai dengan ukuran maksimum izin.

Contoh :

Dari gambar berikut ini dapat ditentukan harga :

**Gambar 1. 2 Cara Menghitung Toleransi**

Jika $\phi 15^{+0,2}_{+0,1}$

Ud : $\phi$15 mm

Pa : +0,2 mm

Pb : +0,1 mm

$U_{maks}$ = Ud + Pa = $\phi$ 15 + 0,2 = $\phi$15,2 mm Umin = Ud + Pb = $\phi$15 + 0,1 = $\phi$15,1 mm

Tl = Pa – Pb = +0,2-(+0,1) = 0,1 mm atau

Tl = Umaks-Umin= 0,1 mm

Us = Umin…Umaks = $\phi$15,1 … $\phi$15,2 mm

Jika $\phi 15^{\;0}_{-0,1}$

Ud : $\phi$15 mm

Pa : 0

Pb : -0,1 mm

$U_{maks}$ = Ud + Pa = $\phi$15 mm

Umin = Ud + Pb = 15 + (-0,1) = $\phi$14,9 mm

Tp = Pa – Pb = 0-(-0,1) = 0,1 mm

Us = Umin…Umaks = $\phi$14,9 … $\phi$15 mm

Jika $\phi 15^{+0,1}_{-0,1}$

Ud : $\phi$15 mm

Pa : +0,1 mm

Pb : -0,1 mm

Umaks = Ud + Pa = $\phi$15 + 0,1 = $\phi$15,1 mm

Umin = Ud + Pb = $\phi$15 +(- 0,1) = $\phi$14,9 mm

Tp = Pa – Pb = +0,1-(-0,1) = 0,2 mm

Us = Umin…Umaks = $\phi$14,9 … $\phi$15,1 mm

## 1.2 Toleransi Umum

Toleransi umum ialah toleransi yang mengikat beberapa ukuran dasar, sedangkan tolertansi khusus hanya mewakili ukuran dasar dengan toleransi tersebut dicantumkan. Berikut disampaikan tabel toleransi umum yang standar pada gambar kerja kualitas toleransi umum dipilih antara teliti, sedang atau kasar. Yang paling sering dipilih adalah kualitas sedang (medium).

**Tabel 1. 1 Toleransi umum**

| Ukuran Nominal (mm) | | >0,5-3 | >3-6 | >6-30 | >30-120 | >120-315 | >315-1000 | >1000-2000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Penyimpangan yang diizinkan | Teliti | ±0,05 | ±0,05 | ± 0,1 | ±0,15 | ± 0,2 | ± 0,3 | ± 0,5 |
| | Sedang | ± 0,1 | ± 0,1 | ± 0,2 | ± 0,3 | ± 0,5 | ± 0,8 | ± 1,2 |
| | Kasar | - | ± 0,2 | ± 0,5 | ± 0,8 | ± 1,2 | ± 2 | ± 3 |

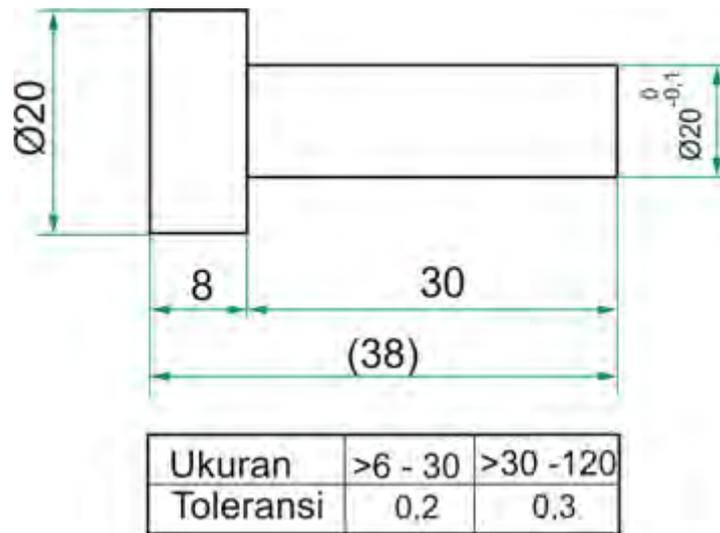
**Tabel 1. 2 Toleransi umum untuk radius dan *chamfer***

| Ukuran Nominal (mm) | | >0,5-3 | >3-6 | >6-30 | >30-120 | >120-315 | >315-1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Penyimpangan yang diizinkan | Teliti, Sedang | ± 0,2 | ± 0,5 | ± 1 | ± 2 | ± 4 | ± 8 |
| | Kasar | ± 0,5 | ± 1 | ± 2 | ± 4 | ± 8 | ± 16 |

**Tabel 1. 3 Toleransi umum untuk sudut**

| Panjang Sisi Terpendek (mm) | | s.d. 10 | >10-50 | >50-120 | >120-400 |
|---|---|---|---|---|---|
| Penyimpangan yang Diizinkan | Dalam derajat dan menit | ± 10 | ± 30' | ± 20' | ± 10' |
| | Dalam mm tiap 100 mm | ± 1,8 | ± 0,9 | ± 0,6 | ± 0,3 |

Untuk menyederhanakan penampilan gambar, toleransi umum disajikan sebagai berikut

| Ukuran | >6 - 30 | >30 -120 |
|---|---|---|
| Toleransi | 0,2 | 0,3 |

**Gambar 1. 3 Penyajian toleransi umum**

Dalam hal ini ϕ10adalah ukuran dasar dengan toleransi khusus (biasanyabagian tersebut nantinya berpasangan), penyimpangan izinnya harus dicantumkan langsung setelah ukuran dasar (gambar). Ukuran dalam tanda kurung tidak terkena aturan toleransi, harganya dipengaruhi oleh ukuran sesungguhnya yaitu penjumlahan dari 7,8…..8,2 dan 29,8…..30,2 seperti uraian berikut ini.

Jika didapat ukuran minimum, akan dihasilkan 7,8+29,8=37,6 mm sedangkan jika didapat ukuran maksimum akan dihasilkan 8,2+30,2 = 38,4 mm. Kedua ukuran tersebut tidak memenuhi harga toleransi umum untuk 38 mm dengan kualitas sedang.

## 1.3 Standar Toleransi Internasional IT

Toleransi, yaitu perbedaan penyimpangan atas dan bawah, harus dipilih secara seksama, agar sesuai dengan persyaratan fungsionalnya. Kemudian macam-macam niai numeric dari toleransinya untuk tiap pemkaian dapat dipilh

oleh si perencana. Untuk mengindari keraguan dan untuk keseragaman nilai toleransi standar telah ditentukan oleh ISO/R286 (ISO System of Limits and Fits—sistim ISO untuk Limit dan Suaian). Toleransi standar ini disebut “Toleransi Internasional” atau “IT”.

Dianjurkan bagi perencana untuk memakai nilai IT untuk toleransi yang diinginkan.

## 1.4 Tingkat Diameter Nominal

Untuk mudahnya, rumus yang diberikan pada persamaan untuk menghitung toleransi standar dan penyimpangan pokok disesuaikan dengan tingkat diameter pada Tabel 1.4; hasilnya telah dihitung atas dasar harga rata-rata geometric D dari diameter-diameter ekstrim tiap tingkat, dan dapat dipakai untuk semua diameter dalam tingkatan tersebut. Untuk seluruh tingkat sampai dengan 3 mm, diameter rata-rata diambil sebagai rata-rata geometrik dari 1 dan 3 mm.

Dalam keadaan normal dipakai tingkat utama, tetapi jika dipandang perlu tingkat antara dapat dipakai.

## 1.5 Kwalitas Toleransi

Dalam system standar limit dan suaian, sekelompok toleransi yang dianggap mempuyai ketelitian yang setaraf untuk semua ukuran dasar, disebut *Kwalitas Toleransi*.

Telah ditentukan 18 kwalitas toleransi, yang disebut toleransi standar yaitu IT 01, IT 0, IT 1 sampai dengan IT 16.

Nilai toleransi meningkat dari IT 01 sampai dengan IT 16. IT 01 sapmpai dengan IT 4 diperuntukkan pekerjaan yang sangat teliti, seperti alat ukur, instrument-inetrumen optic, dsb. Tingkat IT 5 s/d IT 11 dipakai dalam bidang permesinan

umum, untuk bagian-bagian mampu tukar, yang dapat digolongkan pula dalam pekerjaan sangat teliti, dan pekerjaan biasa. Tingkat IT 12 s/d IT 16 dipakai untuk pekerjaan kasar.

**Tabel 1. 4 Tingkat Diameter Nominal**

| Tingkat diameter nominal | | | |
|---|---|---|---|
| Tingkat utama | | Tingkat antara | |
| Milimeter | | Milimeter | |
| di atas | s/d | di atas | s/d |
| — | 3 | | |
| 3 | 6 | | |
| 6 | 10 | | |
| 10 | 18 | 10<br>14 | 14<br>18 |
| 18 | 30 | 18<br>24 | 24<br>30 |
| 30 | 50 | 30<br>40 | 40<br>50 |
| 50 | 80 | 50<br>65 | 65<br>80 |
| 80 | 120 | 80<br>100 | 100<br>120 |
| 120 | 180 | 120<br>140<br>160 | 140<br>160<br>180 |
| 180 | 250 | 180<br>200<br>225 | 200<br>225<br>250 |
| 250 | 315 | 250<br>280 | 280<br>315 |
| 315 | 400 | 315<br>355 | 355<br>400 |
| 400 | 500 | 400<br>450 | 450<br>500 |

**Tabel 1. 5 Nilai toleransi standar untuk kwalitas 5 s/d 16**

| | IT 5 | IT 6 | IT 7 | IT 8 | IT 9 | IT 10 | IT 11 | IT 12 | IT 13 | IT 14 | IT 15 | IT 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nilai | 7 *i* | 10 *i* | 16 *i* | 25 *i* | 40 *i* | 64 *i* | 100 *i* | 160 *i* | 250 *i* | 400 *i* | 640 *i* | 1000 *i* |

**Tabel 1. 6 Nilai toleransi standar untuk kwalitas 0,1, 0 dan 1**

| | IT 01 | IT 0 | IT 1 |
|---|---|---|---|
| Nilai dlm. mikron utk. *D* dlm. mm | 0,3 + 0,008 *D* | 0,5 + 0,012 *D* | 0,8 + 0,020 *D* |

Untuk tingkat toleransi IT 5 s/d 16, nilai toleransinya ditentukan oleh satuan toleransi *i*, sebagai berikut :

$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D$

dalam satuan micron, dan D, harga rata-rata geometric dari kelompok ukuran nominal, dalam mm.

Harga toleransi standar untuk tingkat 5 s/d 16 diberikan dalam Tabel 1.5, sebagai hubungan dengan satuan toleransi *i*.

Untuk tingkatan di bawah 5, nilai-nilai toleransi stnadar ditentukan sesuai Tabel 1.6. Nilai IT 2 s/d IT 4 telah ditentukan kira-kira secara geometric antara nilai-nilai IT 1 dan IT 5 (lihat Tabel 1.7).

**Tabel 1. 7 Nilai numerik untuk toleransi standar (Metrik)**

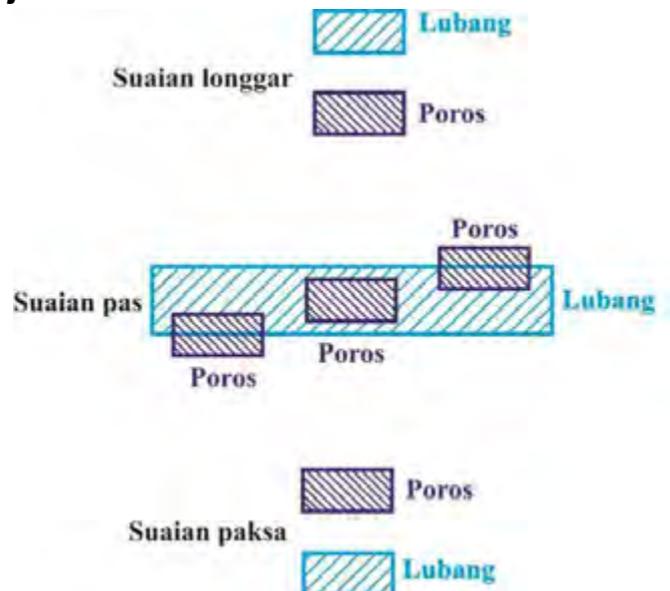
| Kwalitas | 01 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14* | 15* | 16* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Toleransi standar dalam mikron ( 1μ = 0,001 mm ) — Untuk yingkat diameter dalam mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| < | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 | 400 | 600 |
| > 3 to 6 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 | 480 | 750 |
| > 6 to 10 | 0,4 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 | 580 | 900 |
| > 10 to 18 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 | 700 | 1100 |
| > 18 to 30 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 | 840 | 1300 |
| > 30 to 50 | 0,6 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 | 1000 | 1600 |
| > 50 to 80 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 | 1200 | 1900 |
| > 80 to 120 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 | 1400 | 2200 |
| > 120 to 180 | 1,2 | 2 | 3,5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2500 |
| > 180 to 250 | 2 | 3 | 4,5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 | 1850 | 2900 |
| > 250 to 315 | 2,5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 | 2100 | 3200 |
| > 315 to 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 | 2300 | 3600 |
| > 400 to 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1550 | 2500 | 4000 |

*s/d 1 mm, kwalitas 14 s/d 16 tidak diberikan.
*Catatan:* Nilai numerik yang diperbaiki dari ISA lama dalam kotak garis tebal

## 1.6 Nilai-nilai Toleransi Standar IT

Nilai-nilai numerik dari toleransi standar telah ditentukan dengan cara-cara di atas dan dibuatkan. Pada Tabel 13.4 telah ditabelkan nilai-nilai numerik dalam satuan metrik untuk tiap tingkatan diameter nominal untuk tingkat-tingkat 01, 0, 1 s/d 16.

## 2. Suaian

### 2.1 Jenis-jenis Suaian

**Gambar 1. 4 Bagan diagram daerah toleransi pada macam-macam suaian.**

Dua benda yang berhubungan mempunyai ukuran-ukuran yang berbeda sebelum dirakit. Perbedaan ukuran yang diizinkan untuk suatu pemakaian tertentu dari pasangan ini, disebut suaian. Tergantung dari kedudukan masing-masing daerah toleransi dari lubang atau poros, terdapat tiga jenis suaian, yaitu :

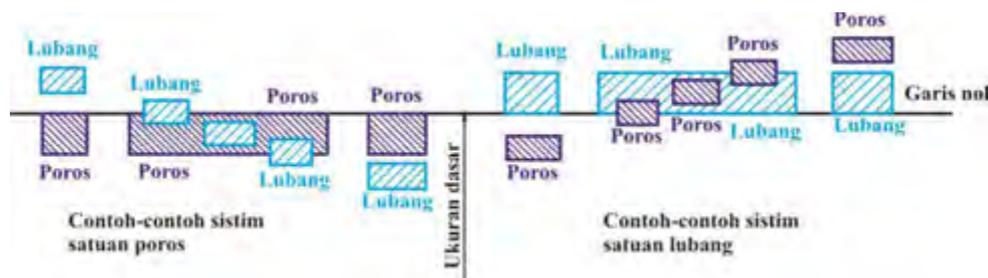
a. Suaian longgar (clearance fit)
b. Suaian pas (transition fit)
c. Suaian paksa (interference fit)

Gambar 1.4 menunjukkan diagram daerah toleransi untuk tiga jenis suaian tersebut.

Tiap-tiap suaian harus dipilih sesuai persyaratanfungsional dari pasangan bersangkutan.

### 2.1.1 Sistim Satuan Lubang dan Sistim Satuan Poros

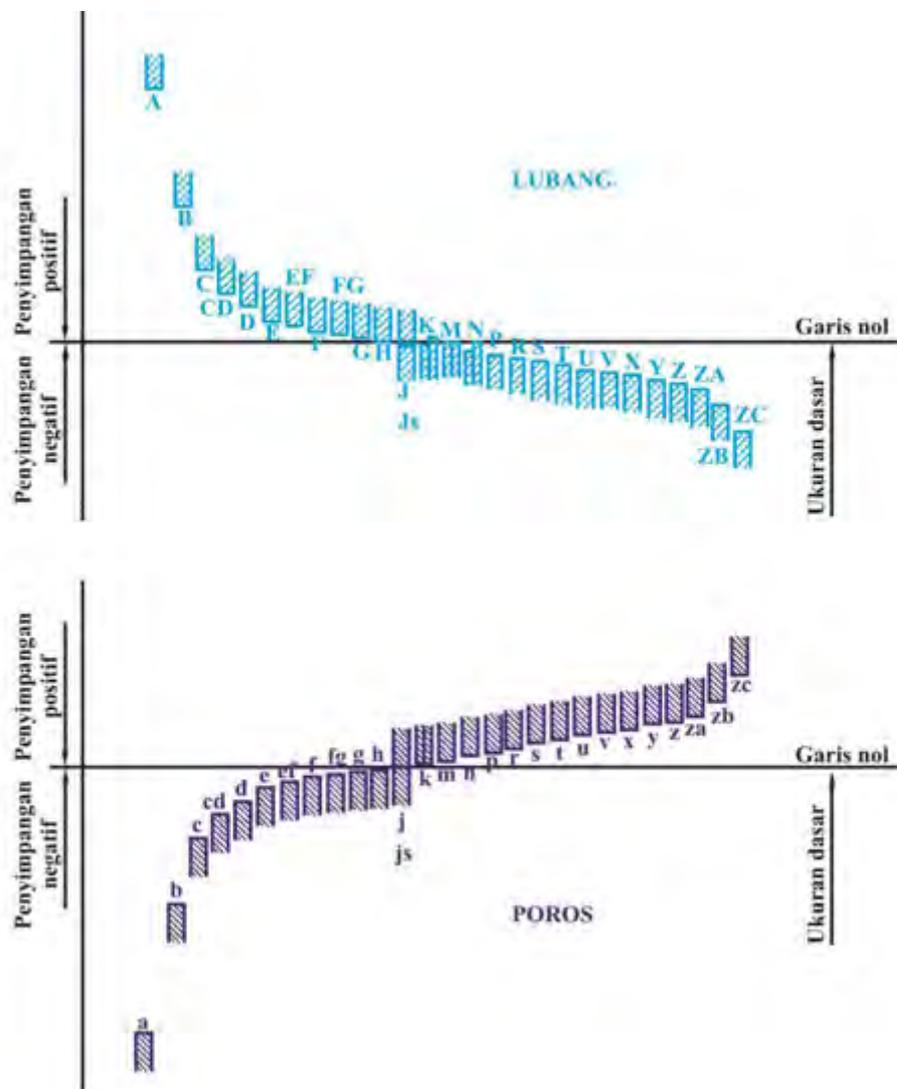
Dua sistim suaian dapat digunakan pada sistim ISO, terhadap garis nol, yaitu garis dengan penyimpangan nol, dan merupakan ukuran dasar. Dua sistim tersebut adalah sistim satuan lubang dan sistim satuan poros. Gb. 13.4 memperlihatkan kedua sistim ini untuk ketiga suaian tersebut di atas.

Pada sistim satuan lubang, penyimpangan bawah dari lubang diambil sama dengan nol, sedangkan pada sistim satuan poros penyimpangan atas diambil sama dengan nol, seperti tampak pada gambar 1.5. Lubang atau poros semacam ini masing-masing disebut lubang dasar dan poros dasar.

**Gambar 1. 5 Sistim satuan poros dan sistem satuan lubang**

Pada sistim lubang dasar, poros dengan berbagai penyimpangan disuaikan pada lubang dasar, dan pada sistim poros dasar sebaliknya, seperti pada gambar 1.5.

Sistim lubang dasar lebih umum dipakai daripada sistim poros dasar, oleh karena pembuatan lubang lebih sukar daripada membuat poros, lagi pula alat ukur lubang (plug gauge) lebih mahal daripada alat ukur poros.

### 2.1.2 Lambang untuk Toleransi, Penyimpangan dan Suaian

Untuk memenuhi persyaratan umum untuk bagian-bagian tunggal dan suaian, sistim ISO untuk limit dan suaian telah memberikan suatu daerah toleransi dan penyimpangan, yang menentukan posisi dari toleransi tersebut terhadap garis nol, untuk tiap ukuran dasar.

**Gambar 1. 6Masing-masing kedudukan dari macam-macam daerah toleransi untuk suatu diameter poros/ lubang tertentu**

Kedudukan daerah toleransi terhadap garis nol, yang merupakan suatu fungsi dari ukuran dasar, dinyatakan oleh sebuah lambing huruf (dalam beberapa hal dengan dua huruf), yaitu huruf besar untuk lubang, dan huruf kecil untuk poros, seperti tampak pada gambar 1.6.

Lambang H mewakili lubang dasar dan lambang h mewakili poros dasar. Sesuai dengan ini, jika lambang H dipakai untuk lubang, berarti sistim lubang dasar yang dipakai.

Nilai toleransi ditentukan oleh tingkat toleransi. Toleransinya dinyatakan oleh sebuah angka, yang sesuai dengan angka kwalitas.

Dengan demikian ukuran yang diberi toleransi didefinisikan oleh nilai nominalnya diikuti oleh sebuah lambang, yang terdiri dari sebuah huruf (kadang-kadang dua huruf) dan sebuah huruf.

Contoh : 45g7

Berarti : diameter poros 45 mm, suaian longgar dalam sistim lubang dasar dengan nilai toleransi dari tingkat IT 7.

Gabungan antara lambang-lambang untuk lubang dan poros menentukan jenis suaian.

Contoh :

<table>
<tr><td rowspan="2">(1)</td><td>lubang</td><td>H</td><td rowspan="2">Suaian:</td><td rowspan="2">suaian longgar dalam sistim lubang dasar</td></tr>
<tr><td>poros</td><td>g</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(2)</td><td>lubang</td><td>H</td><td rowspan="2">Suaian:</td><td rowspan="2">suaian pas dalam sistim lubang dasar.</td></tr>
<tr><td>poros</td><td>m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">(3)</td><td>lubang</td><td>R</td><td rowspan="2">Suaian:</td><td rowspan="2">suaian paksa dalam sistim poros dasar</td></tr>
<tr><td>Poros</td><td>h</td></tr>
</table>

Sebuah suaian dinyatakan oleh ukuran dasar, disebut juga ukuran nominal, yang sama untuk kedua benda, diikuti oleh lambang yang sesuai untuk tiap komponen. Lambang untuk lubang disebut pertama.

Contoh :

45 H8/g7 mungkin juga 45 H8-g7 atau $45\frac{\mathrm{H8}}{\mathrm{g7}}$

### 2.1.3 Suaian untuk Tujuan-tujuan Umum

Kombinasi lambang dan kwalitas untuk lubng dan poros, yang menentukan suaian, adalah terlalu banyak untuk dipakai untuk tujuan-tujuan umum. Oleh karena itu untuk tujuan umum, beberapa negara telah membuat standar nasional.

Tabel 1.8 adalah suaian-suaian untuk tujuan-tujuan umum yang ditentukan oleh JIS B0401 (Limit dan suaian untuk Teknik). Perlu dicatat bahwa tingkat lubang lebih besar daripada tingkat poros, karena lebih mudah membuat lubang daripada membuat poros. Gb. 13.6 menunjukkan bagan diagram suaian dalam sistim lubang dasar untuk ukuran nominal 30 mm. dalam gambar ini dapat dilihat hubungan antara parameter-parameter suaian, dan tampak bahwa suaian paksa hanya dapat dilaksanakan dengan kwalitas yang tinggi.

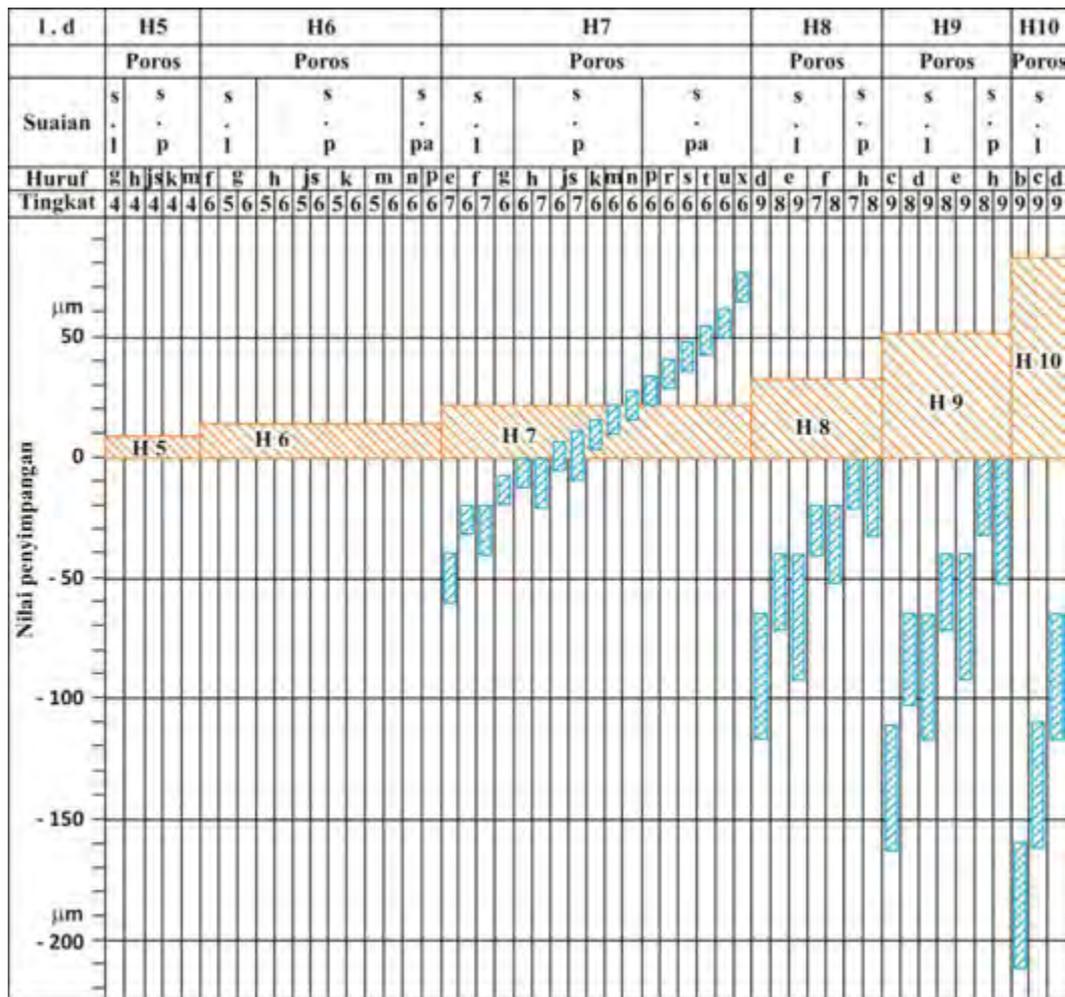
**Tabel 1. 8 Suaian untuk tujuan-tujuan umum.**

Sistim lubang dasar

| Lubang dasar | Lambang dan kwalitas untuk poros | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Suaian longgar | | | | | | Suaian pas | | | | Suaian paksa | | | | | | |
| | b | c | d | e | f | g | h | js | k | m | n | p | r | s | t | u | x |
| H 5 | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | | | |
| H 6 | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | |
| | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | |
| H 7 | | | | (6) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | | | | 7 | 7 | (7) | 7 | 7 | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) |
| H 8 | | | | | 7 | | 7 | | | | | | | | | | |
| | | | | 8 | 8 | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | | | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| H 9 | | | | 8 | | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | 9 | 9 | 9 | | | 9 | | | | | | | | | | |
| H 10 | 9 | 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |

Sistim poros dasar

| Poros dasar | Lambang dan kwalitas untuk lubang | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Suaian longgar | | | | | | Suaian pas | | | | Suaian paksa | | | | | | |
| | B | C | D | E | F | G | H | Js | K | M | N | P | R | S | T | U | X |
| h 4 | | | | | | | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | |
| h 5 | | | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | |
| h 6 | | | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | |
| | | | | (7) | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| h 7 | | | | 7 | 7 | (7) | 7 | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | (7) | | | |
| | | | | | 8 | | 8 | | | | | | | | | | |
| h 8 | | | 8 | 8 | 8 | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | | 9 | 9 | | | 9 | | | | | | | | | | |
| h 9 | | | 8 | 8 | | | 8 | | | | | | | | | | |
| | | 9 | 9 | 9 | | | 9 | | | | | | | | | | |
| | 10 | 10 | 10 | | | | | | | | | | | | | | |

Nilai numerik dari penyimpangan suaian untuk tujuan-tujuan umum dalam sistim lubang dasar dan sistim poros dasar masing-masing diberikan dalam Tabel 1.9; 1.10; 1.11 dan 1.12.

**Gambar 1. 7Bagan diagram suaian dalam sistim satuan lubang (ukuran lubang 30 mm).**

**Tabel 1. 9 Nilai penyimpangan lubang untuk tujuan umum.**

Satuan μm

| Tingkat diameter (mm) | | B | C | | D | | | E | | | F | | | G | | H | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| > | to | B 10 | C 9 | C10 | D 8 | D 9 | D 10 | E 7 | E 8 | E 9 | F 6 | F 7 | F 8 | G 6 | G 7 | H 5 | H 6 | H 7 | H 8 | H 9 | H 10 |
| - | 3 | +180<br>+140 | +85 | +100<br>+60 | +34 | +45<br>+20 | +60 | +24 | +28<br>+14 | +39 | +12 | +16<br>+6 | +20 | +8<br>+10 | +12 | +4 | +6 | +10 | +14<br>0 | +25 | +40 |
| 3 | 6 | +188<br>+140 | +100 | +118<br>+70 | +48 | +60<br>+30 | +78 | +32 | +38<br>+20 | +50 | +18 | +22<br>+10 | +28 | +12<br>+4 | +16 | +5 | +8 | +12 | +18<br>0 | +30 | +48 |
| 6 | 10 | +203<br>+150 | +116 | +138<br>+80 | +62 | +76<br>+40 | +98 | +40 | +47<br>+25 | +61 | +22 | +28<br>+13 | +35 | +14<br>+5 | +20 | +6 | +9 | +15 | +22<br>0 | +36 | +58 |
| 10 | 14 | +220<br>+150 | +138 | +165<br>+95 | +77 | +93<br>+50 | +120 | +50 | +59<br>+32 | +75 | +27 | +34<br>+16 | +43 | +17<br>+6 | +24 | +8 | +11 | +18 | +27<br>0 | +43 | +70 |
| 14 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 24 | +244<br>+160 | +162 | +194<br>+110 | +98 | +117<br>+65 | +149 | +61 | +73<br>+40 | +92 | +33 | +41<br>+20 | +53 | +20<br>+7 | +28 | +9 | +13 | +21 | +33<br>0 | +52 | +84 |
| 24 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 40 | +270<br>+170 | +182 | +220<br>+120 | +119 | +142<br>+80 | +180 | +75 | +89<br>+50 | +112 | +41 | +50<br>+25 | +64 | +25<br>+9 | +34 | +11 | +16 | +25 | +39<br>0 | +62 | +100 |
| 40 | 50 | +280<br>+180 | +192 | +230<br>+130 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 65 | +310<br>+190 | +214 | +260<br>+140 | +146 | +174<br>+100 | +220 | +90 | +106<br>+60 | +134 | +49 | +60<br>+30 | +76 | +29<br>+10 | +40 | +13 | +19 | +30 | +46<br>0 | +74 | +120 |
| 65 | 80 | +320<br>+200 | +224 | +270<br>+150 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | 100 | +360<br>+220 | +257 | +310<br>+170 | +174 | +207<br>+120 | +260 | +107 | +126<br>+72 | +159 | +58 | +71<br>+36 | +90 | +34<br>+12 | +47 | +15 | +22 | +35 | +54<br>0 | +87 | +140 |
| 100 | 120 | +380<br>+240 | +267 | +320<br>+180 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | 140 | +420<br>+260 | +300 | +360<br>+200 | +208 | +245<br>+145 | +305 | +125 | +148<br>+85 | +185 | +68 | +83<br>+43 | +106 | +39<br>+14 | +54 | +18 | +25 | +40 | +63<br>0 | +100 | +160 |
| 140 | 160 | +440<br>+280 | +310 | +370<br>+210 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | 180 | +470<br>+310 | +330 | +390<br>+230 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | 200 | +525<br>+340 | +355 | +425<br>+240 | +242 | +285<br>+170 | +355 | +146 | +172<br>+100 | +215 | +79 | +96<br>+50 | +122 | +44<br>+15 | +61 | +20 | +29 | +46 | +72<br>0 | +115 | +185 |
| 200 | 225 | +565<br>+380 | +375 | +445<br>+260 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 225 | 250 | +605<br>+420 | +395 | +465<br>+280 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 250 | 280 | +690<br>+480 | +430 | +510<br>+300 | +271 | +320<br>+190 | +400 | +162 | +191<br>+110 | +240 | +88 | +108<br>+56 | +137 | +49<br>+17 | +69 | +23 | +32 | +52 | +81<br>0 | +130 | +210 |
| 280 | 315 | +750<br>+540 | +460 | +510<br>+330 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 315 | 355 | +830<br>+600 | +500 | +590<br>+360 | 299 | +350<br>+210 | +440 | +182 | +214<br>+125 | +265 | +98 | +119<br>+62 | +151 | +54<br>+18 | +75 | +25 | +36 | +57 | +89<br>0 | +140 | +230 |
| 355 | 400 | +910<br>+680 | +540 | +630<br>+400 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 | 450 | +1010<br>+760 | +595 | +690<br>+440 | +327 | +385<br>+230 | +480 | +198 | +232<br>+135 | +290 | +108 | +131<br>+68 | +165 | +60<br>+20 | +83 | +27 | +40 | +63 | +97<br>0 | +155 | +250 |
| 450 | 500 | +1090<br>+840 | +635 | +730<br>+480 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Catatan :* Nilai atas menunjukan penyimpangan atas, dan nilai bawah penyimpangan bawah.

**Tabel 1. 10 Nilai penyimpangan lubang untuk tujuan umum.**

Satuan μm

| Tingkat diameter (mm) | | Js | | | K | | | M | | | N | | P | | R | S | T | U | X |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| > | to | Js 5 | Js 6 | Js 7 | K 5 | K 6 | K 7 | M 5 | M 6 | M 7 | N 6 | N 7 | P 6 | P 7 | R 7 | S 7 | | U 7 | X 7 |
| - | 3 | ±2 | ±3 | ±5 | 0<br>-4 | 0<br>-6 | 0<br>-10 | -2<br>-6 | -2<br>-8 | -2<br>-12 | -4<br>-10 | -4<br>-14 | -6<br>-12 | -6<br>-16 | -10<br>-20 | -14<br>-24 | - | -18<br>-28 | -20<br>-30 |
| 3 | 6 | ±2,5 | ±4 | ±6 | 0<br>-5 | +2<br>-6 | +3<br>-9 | -3<br>-8 | -1<br>-9 | 0<br>-12 | -5<br>-13 | -4<br>-16 | -9<br>-17 | -8<br>-20 | -11<br>-23 | -15<br>-27 | - | -19<br>-31 | -24<br>-36 |
| 6 | 10 | ±3 | ±4,5 | ±7,5 | +1<br>-5 | +2<br>-7 | +5<br>-10 | -4<br>-10 | -3<br>-12 | 0<br>-15 | -7<br>-16 | -4<br>-19 | -12<br>-21 | -9<br>-24 | -13<br>-28 | -17<br>-32 | - | -22<br>-37 | -28<br>-43 |
| 10 | 14 | ±4 | ±5,5 | ±9 | +2 | +2 | +6 | -4 | -4 | 0 | -9 | -5 | -15 | -11 | -16 | -21 | - | -26 | -33<br>-51 |
| 14 | 18 | | | | -6 | -9 | -12 | -12 | -15 | -18 | -20 | -23 | -26 | -29 | -34 | -39 | | -44 | -38<br>-56 |
| 18 | 24 | ±4,5 | ±6,5 | ±10,5 | +1 | +2 | +6 | -5 | -4 | 0 | -11 | -7 | -18 | -14 | -20 | -27 | - | -33<br>-54 | -46<br>-67 |
| 24 | 30 | | | | -8 | -11 | -15 | -14 | -17 | -21 | -24 | -28 | -31 | -35 | -41 | -48 | -33<br>-54 | -40<br>-61 | -56<br>-77 |
| 30 | 40 | ±5,5 | ±8 | ±12,5 | +2 | +3 | +7 | -5 | -4 | 0 | -12 | -8 | -21 | -17 | -25 | -34 | -39<br>-64 | -51<br>-76 | - |
| 40 | 50 | | | | -9 | -13 | -18 | -16 | -20 | -25 | -28 | -33 | -37 | -42 | -50 | -59 | -45<br>-70 | -61<br>-86 | |
| 50 | 65 | ±6,5 | ±9,5 | ±15 | +3 | +4 | +9 | -6 | -5 | 0 | -14 | -9 | -26 | -21 | -30<br>-60 | -42<br>-72 | -55<br>-85 | -76<br>-106 | - |
| 65 | 80 | | | | -10 | -15 | -21 | -19 | -24 | -30 | -33 | -39 | -45 | -51 | -32<br>-62 | -48<br>-78 | -64<br>-94 | -91<br>-121 | |
| 80 | 100 | ±7,5 | ±11 | ±17,5 | +2 | +4 | +10 | -8 | -6 | 0 | -16 | -10 | -30 | -24 | -38<br>-73 | -58<br>-93 | -78<br>-113 | -111<br>-146 | - |
| 100 | 120 | | | | -13 | -18 | -25 | -23 | -28 | -35 | -38 | -45 | -52 | -59 | -41<br>-76 | -66<br>-101 | -91<br>-126 | -131<br>-166 | |
| 120 | 140 | | | | | | | | | | | | | | -48<br>-88 | -77<br>-117 | -107<br>-147 | | |
| 140 | 160 | ±9 | ±12,5 | ±20 | +3<br>-15 | +4<br>-21 | +12<br>-28 | -9<br>-27 | -8<br>-33 | 0<br>-40 | -20<br>-45 | -12<br>-52 | -36<br>-61 | -28<br>-68 | -50<br>-90 | -85<br>-125 | -119<br>-159 | - | - |
| 160 | 180 | | | | | | | | | | | | | | -53<br>-93 | -93<br>-133 | -131<br>-171 | | |
| 180 | 200 | | | | | | | | | | | | | | -60<br>-106 | -105<br>-151 | | | |
| 200 | 225 | ±10 | ±14,5 | ±23 | +2<br>-18 | +5<br>-24 | +13<br>-33 | -11<br>-31 | -8<br>-37 | 0<br>-46 | -22<br>-51 | -14<br>-60 | -41<br>-70 | -33<br>-79 | -63<br>-109 | -113<br>-159 | - | - | - |
| 225 | 250 | | | | | | | | | | | | | | -67<br>-113 | -123<br>-169 | | | |
| 250 | 280 | ±11,5 | ±16 | ±26 | +3 | +5 | +16 | -13 | -9 | 0 | -25 | -14 | -47 | -36 | -74<br>-126 | - | - | - | - |
| 280 | 315 | | | | -20 | -27 | -36 | -36 | -41 | -52 | -57 | -66 | -79 | -88 | -78<br>-130 | | | | |
| 315 | 355 | ±12,5 | ±18 | ±28,5 | +3 | +7 | +17 | -14 | -10 | 0 | -26 | -16 | -51 | -41 | -87<br>-144 | - | - | - | - |
| 355 | 400 | | | | -22 | -29 | -40 | -39 | -46 | -57 | -62 | -73 | -87 | -98 | -93<br>-150 | | | | |
| 400 | 450 | ±13,5 | ±20 | ±31,5 | +2 | +8 | +18 | -16 | -10 | 0 | -27 | -17 | -55 | -45 | -103<br>-166 | - | - | - | - |
| 450 | 500 | | | | -25 | -25 | -45 | -43 | -50 | -63 | -67 | -80 | -95 | -108 | -109<br>-172 | | | | |

*Catatan :* Nilai atas menunjukan penyimpangan atas, dan nilai bawah penyimpangan bawah

**Tabel 1. 11 Nilai penyimpangan poros untuk tujuan umum.**

Satuan µm

| Tingkat diameter (mm) | | b | c | d | | e | | | f | | | g | | | h | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| > | to | b 9 | c 9 | d 8 | d 9 | e 7 | e 8 | e 9 | f 6 | f 7 | f 8 | g 4 | g 5 | g 6 | h 4 | h 5 | h 6 | h 7 | h 8 | h 9 |
| — | 3 | −140<br>−165 | −60<br>−85 | −20<br>−34 | −45 | −24 | −14<br>−28 | −39 | −12 | −6<br>−16 | −20 | −5 | −2<br>−6 | −8 | −3 | −4 | 0<br>−6 | −10 | −14 | −25 |
| 3 | 6 | −140<br>−170 | −70<br>−100 | −30<br>−48 | −60 | −32 | −20<br>−38 | −50 | −18 | −10<br>−22 | −28 | −8 | −4<br>−9 | −12 | −4 | −5 | 0<br>−8 | −12 | −18 | −30 |
| 6 | 10 | −150<br>−186 | −80<br>−116 | −40<br>−62 | −76 | −40 | −25<br>−47 | −61 | −22 | −13<br>−28 | −35 | −9 | −5<br>−11 | −14 | −4 | −6 | 0<br>−9 | −15 | −22 | −36 |
| 10 | 14 | −150 | −95 | −50 | | | −32 | | | −16 | | | −6 | | | | 0 | | | |
| 14 | 18 | −193 | −138 | −77 | −93 | −50 | −59 | −75 | −27 | −34 | −43 | −11 | −14 | −17 | −5 | −8 | −11 | −18 | −27 | −43 |
| 18 | 24 | −160 | −110 | −65 | | | −40 | | | −20 | | | −7 | | | | 0 | | | |
| 24 | 30 | −212 | −162 | −98 | −117 | −61 | −73 | −92 | −33 | −41 | −53 | −13 | −16 | −20 | −6 | −9 | −13 | −21 | −33 | −52 |
| 30 | 40 | −170<br>−232 | −120<br>−182 | −80 | | | −50 | | | −25 | | | −9 | | | | 0 | | | |
| 40 | 50 | −180<br>−242 | −130<br>−192 | −119 | −142 | −75 | −89 | −112 | −41 | −50 | −64 | −16 | −20 | −25 | −7 | −11 | −16 | −25 | −39 | −62 |
| 50 | 65 | −190<br>−261 | −140<br>−214 | −100 | | | −60 | | | −30 | | | −10 | | | | 0 | | | |
| 65 | 80 | −200<br>−274 | −150<br>−224 | −146 | −174 | −90 | −106 | −134 | −49 | −60 | −76 | −18 | −23 | −29 | −8 | −13 | −19 | −30 | −46 | −74 |
| 80 | 100 | −220<br>−307 | −170<br>−257 | −120 | | | −72 | | | −36 | | | −12 | | | | 0 | | | |
| 100 | 120 | −240<br>−327 | −180<br>−267 | −174 | −207 | −107 | −126 | −159 | −58 | −71 | −90 | −22 | −27 | −34 | −10 | −15 | −22 | −35 | −54 | −87 |
| 120 | 140 | −260<br>−360 | −200<br>−300 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 140 | 160 | −280<br>−380 | −210<br>−310 | −145<br>−208 | −245 | −125 | −85<br>−148 | −185 | −68 | −43<br>−83 | −106 | −26 | −14<br>−32 | −39 | −12 | −18 | 0<br>−25 | −40 | −63 | −100 |
| 160 | 180 | −310<br>−410 | −230<br>−330 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | 200 | −340<br>−455 | −240<br>−355 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | 225 | −380<br>−495 | −260<br>−375 | −170<br>−242 | −285 | −146 | −100<br>−172 | −215 | −79 | −50<br>−96 | −122 | −29 | −15<br>−35 | −44 | −14 | −20 | 0<br>−29 | −46 | −72 | −115 |
| 225 | 250 | −420<br>−535 | −280<br>−395 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 250 | 280 | −480<br>−610 | −300<br>−430 | −190 | | | −110 | | | −56 | | | −17 | | | | 0 | | | |
| 280 | 315 | −540<br>−670 | −330<br>−460 | −271 | −320 | −162 | −191 | −240 | −88 | −108 | −137 | −33 | −40 | −49 | −16 | −23 | −32 | −52 | −81 | −130 |
| 315 | 355 | −600<br>−740 | −360<br>−500 | −210 | | | −125 | | | −62 | | | −18 | | | | 0 | | | |
| 355 | 400 | −680<br>−820 | −400<br>−540 | −299 | −350 | −182 | −214 | −265 | −98 | −119 | −151 | −36 | −43 | −54 | −18 | −25 | −36 | −57 | −89 | −140 |
| 400 | 450 | −760<br>−915 | −440<br>−595 | −230 | | | −135 | | | −68 | | | −20 | | | | 0 | | | |
| 450 | 500 | −840<br>−995 | −480<br>−635 | −327 | −385 | −198 | −232 | −290 | −108 | −131 | −165 | −40 | −47 | −60 | −20 | −27 | −40 | −63 | −97 | −155 |

Catatan: Nilai atas menunjukkan penyimpangan atas, dan nilai bawah penyimpangan bawah

**Tabel 1. 12 Nilai penyimpangan poros untuk tujuan umum.**

Satuan μm

| Tingkat diameter (mm) | | js | | | | k | | | m | | | n | p | r | s | t | u | x |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| > | to | js 4 | js 5 | js 6 | js 7 | k 4 | k 5 | k 6 | m 4 | m 5 | m 6 | n 6 | p 6 | r 6 | s 6 | t 6 | u 6 | x 6 |
| — | 3 | ±1,5 | ±2 | ±3 | ±5 | +3 | +4<br>0 | +6 | +5 | +6<br>+2 | +8 | +10<br>+4 | +12<br>+6 | +16<br>+10 | +20<br>+14 | — | +24<br>+18 | +26<br>+20 |
| 3 | 6 | ±2 | ±2,5 | ±4 | ±6 | +5 | +6<br>+1 | +9 | +8 | +9<br>+4 | +12 | +16<br>+8 | +20<br>+12 | +23<br>+15 | +27<br>+19 | — | +31<br>+23 | +36<br>+28 |
| 6 | 10 | ±2 | ±3 | ±4,5 | ±7,5 | +5 | +7<br>+1 | +10 | +10 | +12<br>+6 | +15 | +19<br>+10 | +24<br>+15 | +28<br>+19 | +32<br>+23 | — | +37<br>+28 | +43<br>+34 |
| 10 | 14 | ±2,5 | ±4 | ±5,5 | ±9 | +6 | +9 | +12 | +12 | +15 | +18 | +23 | +29 | +34 | +39 | — | +44 | +51<br>+40 |
| 14 | 18 | | | | | | +1 | | | +7 | | +12 | +18 | +23 | +28 | | +33 | +56<br>+45 |
| 18 | 24 | ±3 | ±4,5 | ±6,5 | ±10,5 | +8 | +11 | +15 | +14 | +17 | +21 | +28 | +35 | +41 | +48 | — | +54<br>+41 | +67<br>+54 |
| 24 | 30 | | | | | | +2 | | | +8 | | +15 | +22 | +28 | +35 | +54<br>+41 | +61<br>+48 | +77<br>+64 |
| 30 | 40 | ±3,5 | ±5,5 | ±8 | ±12,5 | +9 | +13 | +18 | +16 | +20 | +25 | +33 | +42 | +50 | +59 | +64<br>+48 | +76<br>+60 | — |
| 40 | 50 | | | | | | +2 | | | +9 | | +17 | +26 | +34 | +43 | +70<br>+54 | +86<br>+70 | |
| 50 | 65 | ±4 | ±6,5 | ±9,5 | ±15 | +10 | +15 | +21 | +19 | +24 | +30 | +39 | +51 | +60<br>+41 | +72<br>+53 | +85<br>+66 | +106<br>+87 | — |
| 65 | 80 | | | | | | +2 | | | +11 | | +20 | +32 | +62<br>+43 | +78<br>+59 | +94<br>+75 | +121<br>+102 | |
| 80 | 100 | ±5 | ±7,5 | ±11 | ±17,5 | +13 | +18 | +25 | +23 | +28 | +35 | +45 | +59 | +73<br>+51 | +93<br>+71 | +113<br>+91 | +146<br>+124 | — |
| 100 | 120 | | | | | | +3 | | | +13 | | +23 | +37 | +73<br>+54 | +101<br>+75 | +126<br>+104 | +166<br>+144 | |
| 120 | 140 | | | | | | | | | | | | | +88<br>+3 | +117<br>+92 | +147<br>+122 | | |
| 140 | 160 | ±6 | ±9 | ±12,5 | ±20 | +15 | +21<br>+3 | +28 | +27 | +33<br>+15 | +40 | +52<br>+27 | +68<br>+43 | +90<br>+65 | +125<br>+100 | +159<br>+134 | — | — |
| 160 | 180 | | | | | | | | | | | | | +93<br>+68 | +133<br>+108 | +171<br>+146 | | |
| 180 | 200 | | | | | | | | | | | | | +106<br>+77 | +151<br>+122 | | | |
| 200 | 225 | ±7 | ±10 | ±14,5 | ±23 | +18 | +24<br>+4 | +33 | +31 | +37<br>+17 | +46 | +60<br>+31 | +79<br>+50 | +109<br>+80 | +159<br>+130 | — | — | — |
| 225 | 250 | | | | | | | | | | | | | +113<br>+84 | +169<br>+140 | | | |
| 250 | 280 | ±8, | ±11,5 | ±16 | ±26 | +20 | +27 | +36 | +36 | +43 | +52 | +66 | +88 | +126<br>+94 | — | — | — | — |
| 280 | 315 | | | | | | +4 | | | +20 | | +34 | +56 | +130<br>+98 | | | | |
| 315 | 355 | ±9 | ±12,5 | ±18 | ±28,5 | +22 | +29 | +40 | +39 | +46 | +57 | +73 | +98 | +144<br>+108 | — | — | — | — |
| 355 | 400 | | | | | | +4 | | | +21 | | +37 | +62 | +150<br>+114 | | | | |
| 400 | 450 | ±10 | ±13,5 | ±20 | ±31,5 | +25 | +32 | +45 | +43 | +50 | +63 | +80 | +108 | +166<br>+126 | — | — | — | — |
| 450 | 500 | | | | | | +5 | | | +23 | | +40 | +68 | +172<br>+132 | | | | |

Catatan: Nilai atas menunjukkan penyimpangan atas, dan nilai bawah penyimpangan bawah

## 3. Penulisan Toleransi Linear dan Sudut

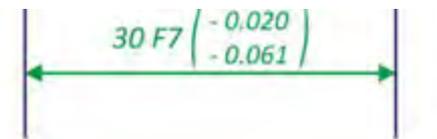
### 3.1 Penulisan ukuran linear dari sebuah komponen

a. Toleransi suaian dengan lambang ISO

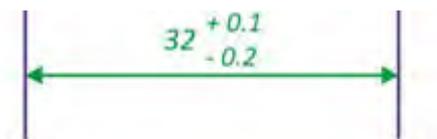
Komponen yang diberi ukuran dengan toleransi dinyatakan dalam gambar seperti gambar 1.8.

**Gambar 1. 8Toleransi suaian dinyatakan dengan lambang ISO.**

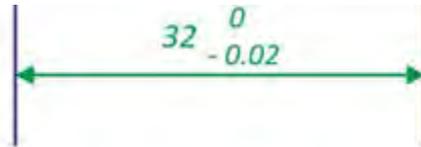
1) Ukuran dasar
2) Lambang toleransi

Jika, di samping lambang-lambang, diperlukan mencantumkan nilai-nilai penyimpangan, maka ini harus diperlihatkan dalam kurung (gambar 1.9), atau tanpa kurung.

**Gambar 1. 9 Toleransi suaian dinyatakan oleh lambang dan nilai penyimpangan.**

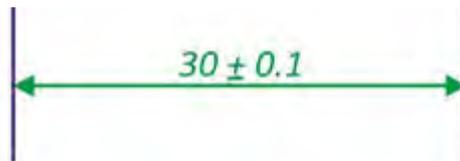
b. Toleransi dengan angka

Komponen yang diberi ukuran dengan toleransi dinyatakan dalam gambar 1.10.

**Gambar 1. 10 Toleransi dinyatakan oleh nilai penyimpangan.**

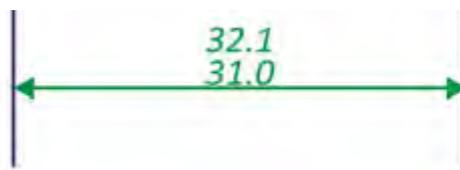
1) Ukuran dasar
2) Nilai-nilai penyimpangan

Jika salah satu penyimpangan mempunyai nilai nol, maka ini hanya dinyatakan oleh nilai nol (gambar1.11).

**Gambar 1. 11 Toleransi dinyatakan oleh nilai penyimpangan.**

c. Toleransi simetris

Jika nilai toleransi ke atas dan ke bawah sama besarnya (toleransinya simetris), nilai toleransinya hanya dituliskan sekali saja, dan didahului oleh tanda — (gambar 1.12).

**Gambar 1. 12 Toleransi Simetris.**

d. Ukuran-ukuran batas

Ukuran-ukuran batas dapat juga ditulis seperti pada gambar 1.13.

**Gambar 1. 13 Batas-batas ukuran.**

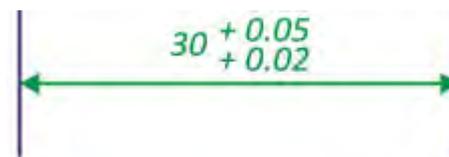
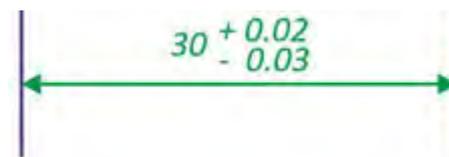
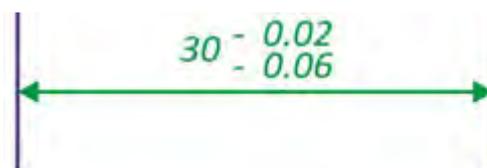
e. Ukuran-ukuran batas dalam satu arah

Jika suatu ukuran hanya perlu dibatasi dalam satu arah saja, maka hal ini dapat dinyatakan dengan

menambahkan “min” atau “max” di depan ukurannya (gambar 1.14).

**Gambar 1. 14 Batas ukuran dalam satu arah.**

### 3.2 Urutan Penulisan Penyimpangan

Penyimpangan atas harus ditulis pada kedudukan atas, dan penyimpangan bawah pada kedudukan bawah. Peraturan ini berlaku untuk lubang maupun untuk poros (gambar 1.15 s/d 1.17).

**Gambar 1. 15 Urutan penulisan.**

**Gambar 1. 16 Urutan penulisan.**

**Gambar 1. 17 Urutan penulisan.**

### 3.3 Satuan

a. Satuan penyimpangan

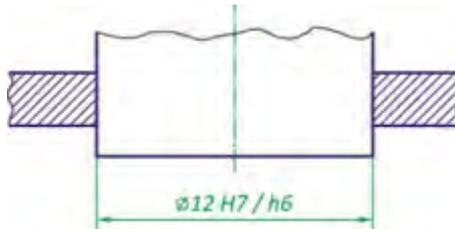
Penyimpangan harus dinyatakan dalam satuan yang sama dengan satuan ukuran nominal. Jika dipergunakan satuan yang berbeda, maka satuan yang dipakai untuk penyimpangan harus ditulis setelah nilai penyimpangannya.

b. Jumlah desimal

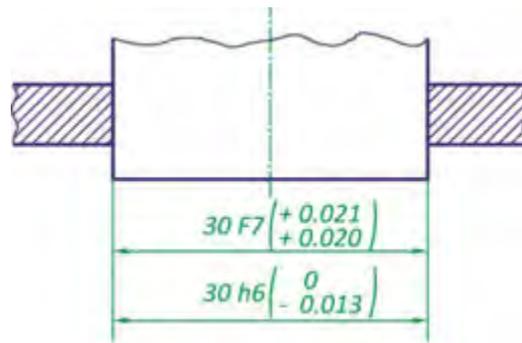
Nyatakan kedua penyimpangan dalam jumlah desimal yang sama, terkecuali jika salah satu penyimpangannya nol (gambar 1.11).

### 3.4 Toleransi pada Gambar Susunan

a. Toleransi dengan lambang ISO

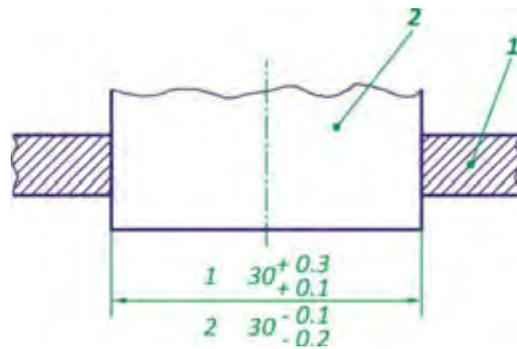
Lambang toleransi untuk lubang ditempatkan di depan lambang untuk poros (gambar 1.18) atau di atasnya (gambar 1. 19), dan di belakang ukuran nominal, yang hanya ditulis sekali.

**Gambar 1. 18 Toleransi pada gambar suaian**

**Gambar 1. 19 Toleransi pada gambar susunan**

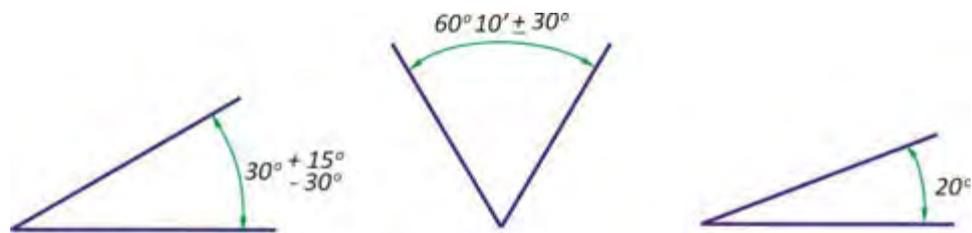
Jika ingin menyatakan nilai numeric dari penyimpangannya, maka hal ini dapat ditulis dalam kurung atau tanpa kurung, seperti pada gambar 1.20. Untuk penyederhanaa garis ukur bawah dapat dihilangkan (gambar 1.21 dan 1.22). Tetapi beberapa negara tidak mengizinkannya untuk menghindari keraguan.

**Gambar 1. 20 Toleransi pada gambar susunan.**

**Gambar 1. 21 Toleransi pada gambar susunan.**

b. Toleransi dengan angka

Ukuran tiap komponen dari bagian yang dirakit didahului oleh nama (gambar 1.22) komponen, atau dari komponen. Dalam kedua hal tersebut ukuran lubang tetap diletakkan di atas ukuran poros.

**Gambar 1. 22 Toleransi pada gambar susunan.**

## 3.5 Toleransi Ukuran Sudut

Aturan-aturan yang telah ditentukan untuk ukuran linear dapat juga diterapkan pada ukuran sudut (gambar 1.23).

**Gambar 1. 23 Toleransi pada ukuran sudut.**

## 3.6 Penyimpangan Ukuran yang diizinkan Tanpa Keterangan Toleransi

### 3.6.1 Ukuran-ukuran dinyatakan tanpa keterangan toleransi

Semua ukuran yang dinyatakan dalam gambar pada dasarnya harus diberi toleransi, seperti yang telah diuraikan pada bab terdahuku. Tetapi dalam kenyataannya terdapat banyak ukuran tanpa keterangan toleransi.

Untuk bagian-bagian tanpa suaian dan tanpa persyaratan ketelitian khusus, toleransinya dengan mudah dapat diberikan dengan sebuah catatan umum, yang menyatakan sekaligus nilai

penyimpangan yang didizinkan untuk bagian-bagian yang sejenis (disebut "ukuran tanpa keterangan toleransi"). Sesuai dengan ISO 2768, nilai penyimpangan yang diizinkan ini sering kali disebut "toleransi umum". Oleh karena itu ukuran tanpa keterangan toleransi terikat oleh toleransi umum seperti yang telah disinggung pada kegiatan belajar sebelumnya.

### 3.6.2 Pemilihan Nilai Penyimpangan yang Diizinkan

Ini merupakan tanggung jawab dari bagian perencanaan uuntuk menentukan nilai penyimpangan yang diizinkan sebaik-baiknya, tetapi sedapat mungkin sesuai penggarisan berikut ini, pada catatan umum.

a. Ukuran-ukuran linear

Catatan umum harus menentukan :

1) Suatu penyimpangan yang diizinkan sama dengan ± IT/2 dari tingkat toleransi ISO (± IT 14/2 misalnya), artinya penyimpangan yang diizinkan js untuk lubang; sebagai tambahan catatan tersebut dapat mengganti penyimpangan ini dengan H untuk lubang, atau h untuk poros;
2) Atau penyimpangan yang diizinkan antara satu dari tiga seri yang diberikan pada tabel 13.8 (dibulatkan dibandingkan dengan tingkat IT 12, 14 atau 16); catatannya dapat menuliskan sebagai tambahan, penggantian nilai-nilai ±t/2 oleh +t untuk lubang atau –t untuk poros. Dalam hal ini dianjurkan supaya

jangan begitu saja menggunakan standar pada Tabel 13.8, tetapi menuliskan nilai-nilai numeric yang diinginkan, yang diambil dari tabel tadi, pada catatan ;

3) Atau sebuah nilai tunggal untuk ukuran nominal manapun, jika tidak terdapat perbedaan yang besar antara ukuran-ukuran yang berbeda tanpa keterangan toleransi pada gambar (±0,4 mm umpamanya, pada gambar hidung poros (spindle) mesin bubut dari ISO/R 702).

b. Ukuran-ukuran sudut

Catatan umumdiutamakan untuk menuliskan penyimpanagn yang diizinkan dari tabel 13.9, dan dinyatakan oleh panjang sisi yang pendek dari sudut bersangkutan, dalam :

- derajat dan menit,
- per sen (jumlah millimeter tiap 100 menit)

**Tabel 1. 13 Variasi yang diizinkan untuk ukuran linear**

Variasi dalam mm

| Ukuran nominal (mm) | | 0.5 s/d 3 | di atas 3 s/d 6 | di atas 6 s/d 30 | di atas 30 s/d 120 | di atas 120 s/d 315 | di atas 315 s/d 1000 | di atas 1000 s/d 2000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variasi yang di-izinkan | Seri teliti | ± 0.05 | ± 0.05 | ± 0.1 | ± 0.15 | ± 0.2 | ± 0.3 | ± 0.5 |
| | Seri sedang | ± 0.1 | ± 0.1 | ± 0.2 | ± 0.3 | ± 0.5 | ± 0.8 | ± 1.2 |
| | Seri kasar | | ± 0.2 | ± 0.5 | ± 0.8 | ± 1.2 | ± 2 | ± 3 |

**Tabel 1. 14 Variasi yang diizinkan untuk ukuran sudut.**

| Panjang dari sisi yang pendek | | s/d 10 | di atas 10 s/d 50 | di atas 50 s/d 120 | di atas 120 s/d 400 |
|---|---|---|---|---|---|
| Variasi yang di-izinkan | dlm derajat dan menit | ± 1° | ± 30' | ± 20' | ± 10' |
| | dlm. mm tiap 100 mm | ± 1,8 | ± 0,9 | ± 0,6 | ± 0,3 |

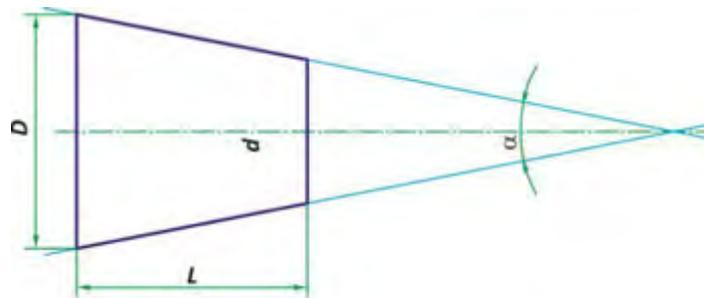
— per sen (jumlah milimeter tiap 100 mm).

## 3.7 Memberi Ukuran dan Toleransi Kerucut

### 3.7.1 Ketirusan dan pendakian

Ada beberapa bagian mesin yang mempunyai bentuk kerucut atau bentuk baji.

Perbandingan antara perbedaan diameter dari dua potongan terhadap jaraknya disebut "ketirusan", yaitu

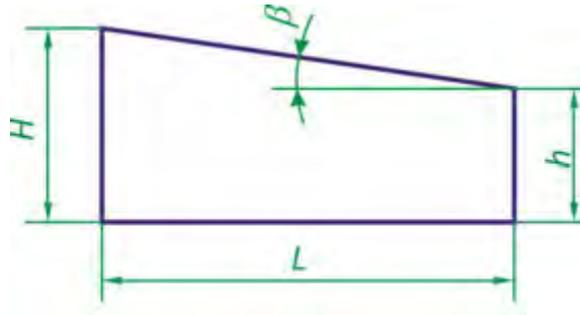
$C = \frac{D-d}{L} = 2 \tan \frac{\alpha}{2}$ (Gb. 13.23)

**Gambar 1. 24Tirus**

Lambang di bawah ini menunjukkan ketirusan, dan arahnya dapat dipakai untuk menentukan arah ketirusannya.

Pendakian, yang tidak menjadi pokok pembahasan disini, adalah kemiringan dari sebuah garis yang menggambarkan bidang miring dari sebuah baji umpamanya, dinyatakan sebagai perbandingan perbedaan tinggi tegak lurus terhadap garis dasar,

untuk suatu jarak tertentu, da jarak ini, yaitu pendakian

$\frac{H-h}{L}$ = tan β

Jika dianggap perlu dapat dipakai lambang di bawah ini, untuk menunjukkan arah pendakian :

**Gambar 1. 25 Pendakian**

### 3.7.2 Memberi Ukuran Kerucut

Ukuran-ukuran di bawah ini, dalam berbagai-bagai gabungan, dapat dipakai untuk menentukan ukuran, bentuk dan kedudukan kerucut.

a. Ketirusan, diperinci sebagai sudut apit atau sebagai perbandingan, misalnya :
   - 0,3 rad
   - $35^o$
   - 1 : 5
   - 0,2 : 1
   - 20%

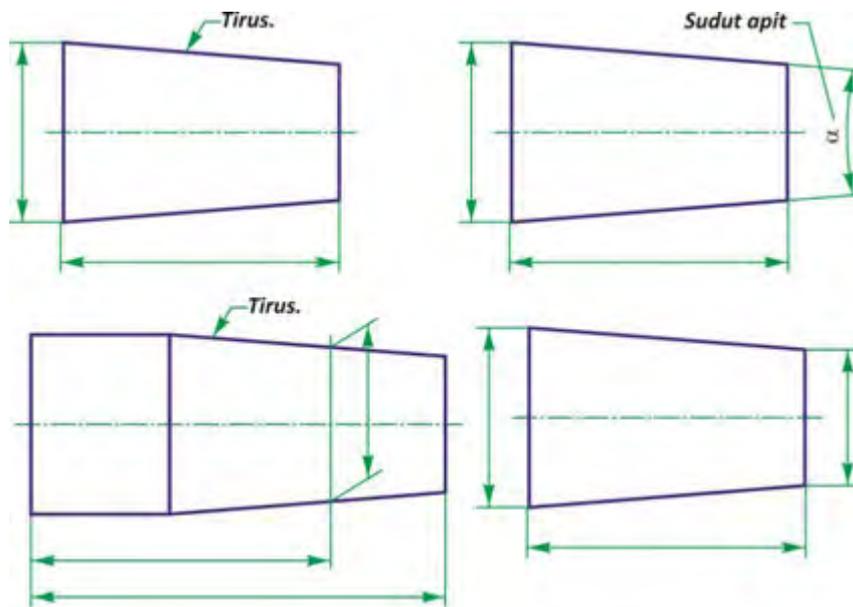
b. Diameter dari ujung yang besar;

c. Diameter dari ujung yang kecil;

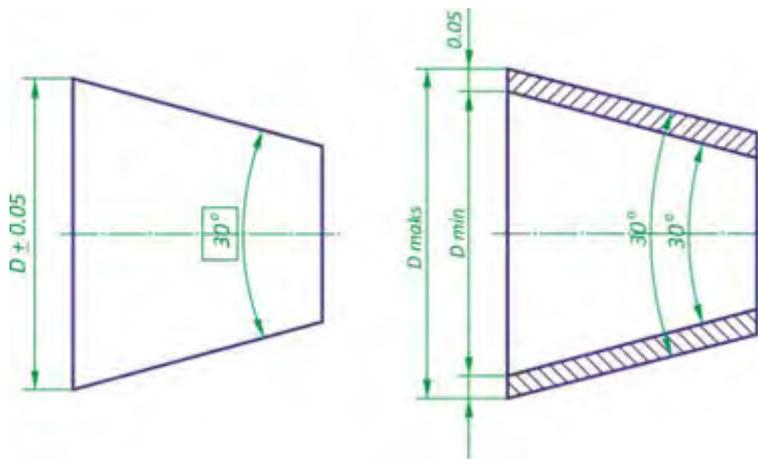
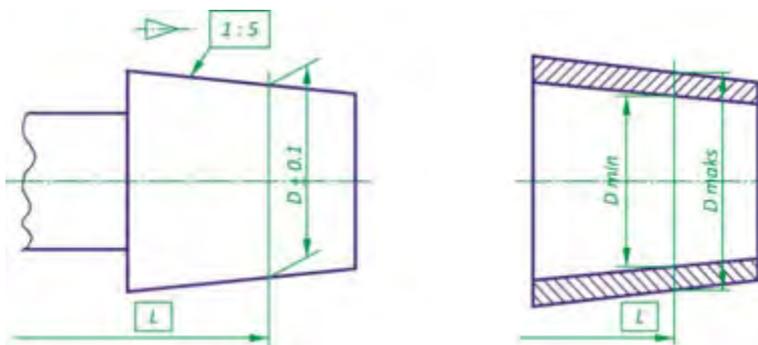
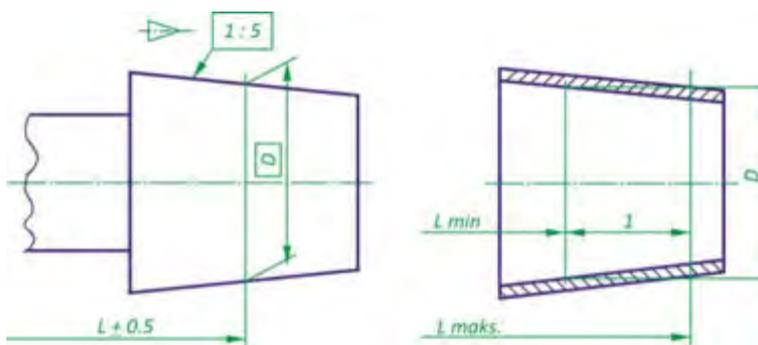
d. Diameter dari suatu penampang tertentu, dan dapat berada di dalam atau di luar kerucut;

e. Ukuran yang menentukan letak potongan, di mana diameter tadi diperinci;

f. Panjang kerucut.

Gambar 1.26 memperlihatkan gabungan-gabungan ukuran-ukuran di atas yang dipakai.

**Gambar 1. 26 Ukuran-ukuran kerucut.**

Gabungan ukuran yang dipilih tidak boleh berlebihan. Walaupun demikian, ukuran tambahan dapat diberikan sebagai ukuran "bantu" dalam kurung, untuk keterangan, seperti misalnya setengah sudut apitnya.

Mengenai ketirusan standar (khususnya ketirusan morse atau metrik), dinyatakan oleh seri standar dan angka.

**Gambar 1. 27 Sistim dasar ketirusan (I).**

**Gambar 1. 28 Sistim dasar ketirusan (II).**

**Gambar 1. 29 Sistim dasar ketirusan (III).**

### 3.7.3 Toleransi Kerucut

a. Umum

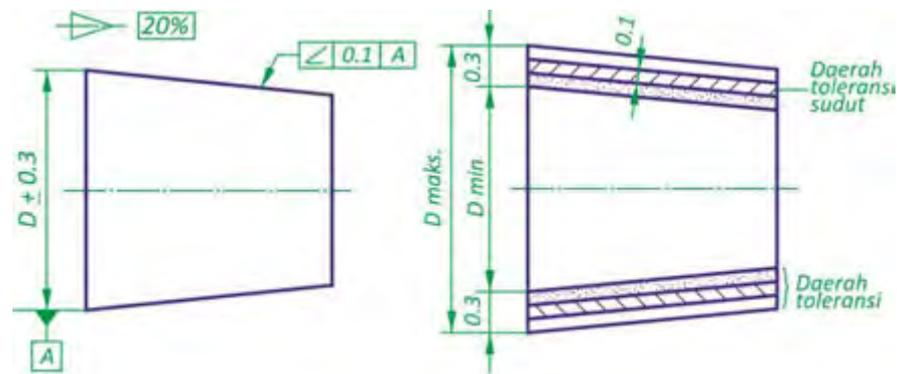
Ada dua cara memperinci ketelitia kerucut, seperti uraian pada Bab. 13.6.3b dan c. Di

sebelah kanan gambar diperlihatkan daerah toleransi. Perlu dicatat bahwa mungkin akan terdapat kesalahan bentuk, asal saja jika tiap bagian dari permukaannya terletak di dalam daerah toleransi. Dalam praktek tidak diperkenankan mengambil seluruh daerah toleransi oleh kesalahan-kesalahan bentuk. Jika pembatasan dalam hal ini dianggap perlu, maka hal tersebut harus dinyatakan oleh toleransi bentuk yang sesuai. Ukuran teoritis yang tepat (linear maupun sudut), dan ukuran-ukuran dengan toleransi menentukan daerah toleransi, di mana bidang kerucut harus berada. Sebuah ukuran teoritis yang tepat (terletak dalam kotak) adalah suatu ukuran yang menentukan dengan tepat letak dari sebuah titik, garis, bidang atau bidang kerucut, sedangkan ukuran sesungguhnya oleh cara lain daripada member toleransi ukuran tersebut. Cara ini dapat dipergunakan untuk menentukan posisi yang tepat dari potongan sebuah kerucut, yang diameternya boleh bervariasi dalam batas-batas tertentu. Dapat juga dipergunakan untuk menentukan diameter yang tepat dari penampang sebuah kerucut yang posisinya boleh bervariasi dalam batas-batas tertentu. Perlu dicatat bahwa bilamana cara member ukuran menurut gambar 1.28 dan gambar 1.29 dipergunakan, maka diameter atau posisinya merupakan ukuran yang tepat (terletak dalam kotak). Pemilihan cara member toleransi dan nilai toleransi tergantung dari persyaratan

fungsional. Dalam hal demikian ISO 1947 (System of Cone Tolerances for Conocal Workpieces– Sistim Toleransi Kerucut untuk Benda Kerja berbentuk Kerucut–dari c = 1 : 3 s/d 1 : 500 dan panjang 6 s/d 630 mm) harus dipergunakan.

b. Cara I: Cara kerucut dasar

Dalam cara ini toleransi membatasi jarak penembusan dari pasangan bidang kerucut, dan masing-masing permukaan harus berada dalam dua batas profil ketirusan yang sama, yang sesuai dengan kondisi bahan meksimum dan minimum. Kondisi bahan maksimum berarti diameter maksimum maksimum untuk elemen luar seperti misalnya sebuah poros, atau diameter minimum untuk ukuran dalam, seperti misalnya sebuah lubang. Daerah toleransi yang membatasi kerucut dihasilkan oleh sebuah toleransi, entah untuk diameter atau kedudukan. Sesuai perjanjian, toleransi yang ditentukan harus dipenuhi oleh semua penampang oleh seluruh panjangnya. Permukaan kerucut boleh terletak di mana saja di dalam daerah toleransi. Gambar 1.27 menggambarkan sebuah kerucut berdasarkan cara kerucut dasar, yang diameter besarnya diberi ukuran dengan toleransi. Gambar 1.28 menggambarkan sebuah kerucut berdasarkan cara kerucut dasar, dimana ukurannya ditentukan ditentukan oleh sebuah penampang, yang letaknya ditentukan oleh ukuran teoritis tepat terletak dalam kotak. Sebuah kerucut yang diberi ukuran atas dasar kerucut dasar, dimana diameter

sebuah sebuah penampang merupakan ukuran teoritis tepat, diperlihatkan pada gambar 1.29. Penampang ini terletak dalam batas-batas tertentu, terhadap bagian kiri dari bendanya. Cara kerucut dasar menurut gambar 1.27, 28, atau 29, mungkin tidak cocok untuk hal-hal dimana variasi ketirusan yang timbul akibat toleransi yang diperlukan untukdiameter atau posisi, tidak dapat diterima. Hal ini dapat diatasi oleh gambar 1.30 atau cara II.

**Gambar 1. 30 Sistim dasar ketirusan dengan toleransi sudut.**

Bilamana diperlukan menggunakan kondisi-kondisi terbatas, yang membatasi variasi ketirusan dalam daerah toleransi, cara-cara berikut dapat dipergunakan :

Catatan tertulis yang menetapkan batas yang diizinkan untuk ketirusan yang sesungguhnya;

Menunjukkan pembatasan toleransi sudut dari apotema terhadap garis sumbu (lihat gambar 1.29) sesuai ISO 1101/I. Daerah toleransi untuk sudut (termasuk kelurusan) dapat terletak dimana saja dalam daerah toleransi.

c. Cara II–Cara toleransi ketirusan

Pada cara ini nilai toleransi dari ukuran hanya berlaku untuk penampang yang ukurannya tertera pada gambar dan TIDAK untuk tiap penampang seperti halnya pada cara kerucut dasar. Ketelitian ketirusan dari sebuah kerucut diperinci secara langsung oleh toleransi pada ketirusan itu, dan tidak tergantung dari toleransi ukuran. Toleransi pada ketirusannya dapat dinyatakan secara tunggal atau secara ganda menurut kebutuhan, misalnya:

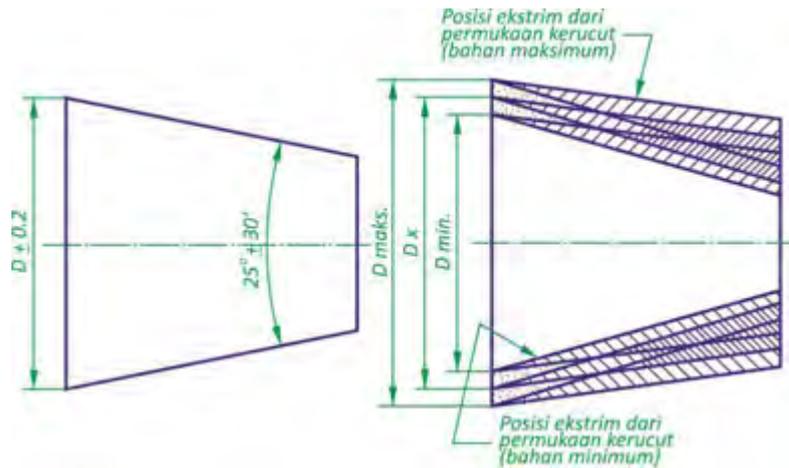
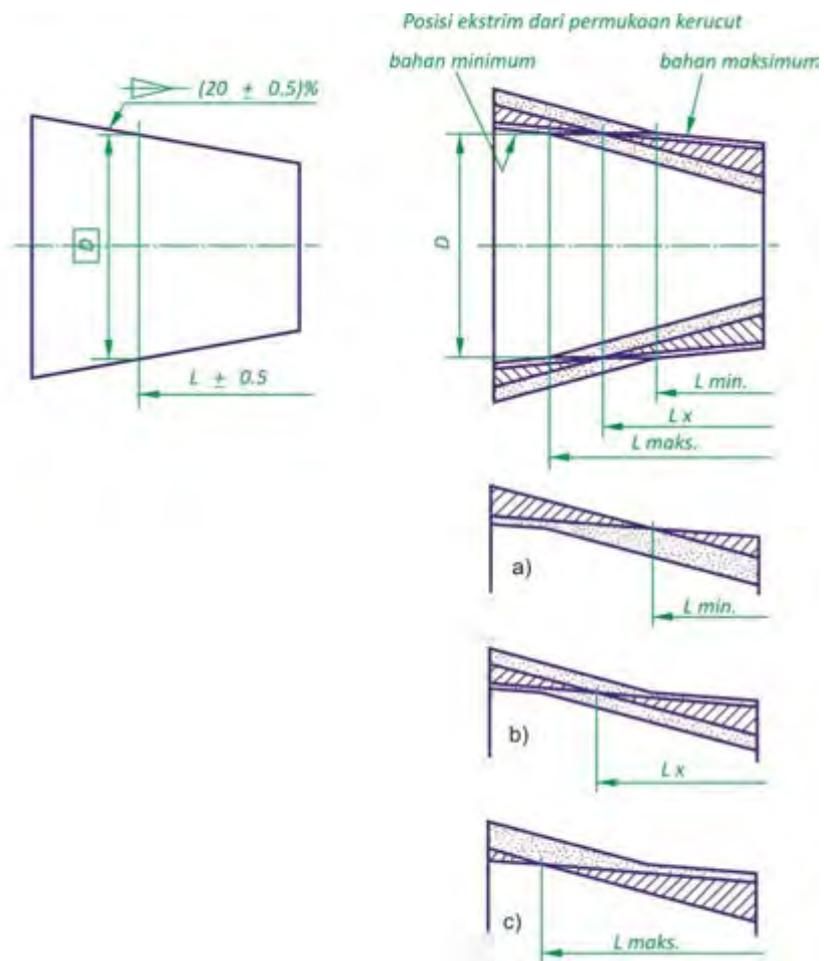
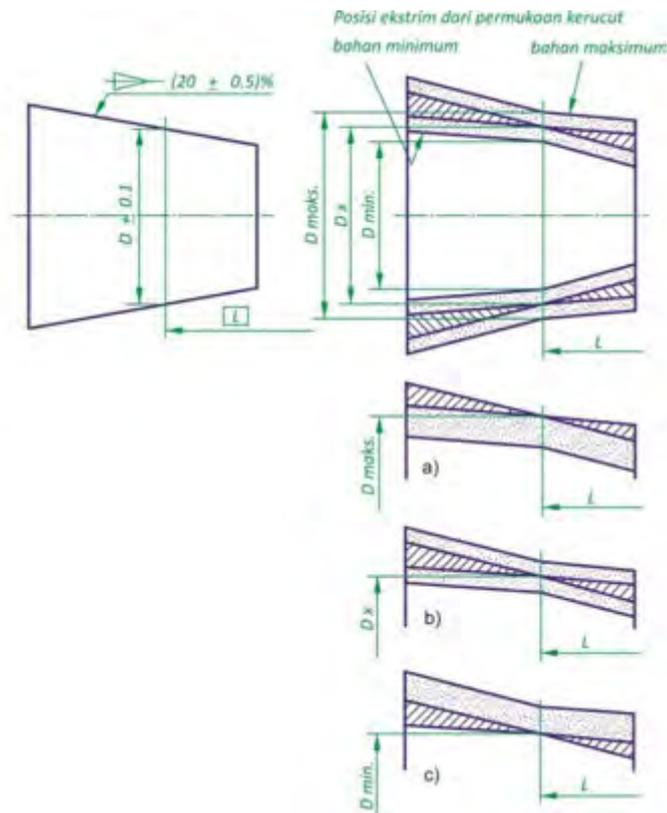
(3,5 ± 0,5) : 12

(1 ± 0,1) : 50

(5 ± 0,1) %

$25^{o}$ ± 30’

Bila tidak disebutkan lain, satuan toleransinya sama dengan satuan ukuran nominalnya. Permukaan kerucut boleh terletak dimana saja antara posisi ekstrim, akibat toleransi yang terkumpul dari toleransi linear dan toleransi ketirusan, asalkan toleransi pada ketirusannya diperhatikan. Penyajian dalam gambar dari daerah toleransi ketirusan pada gambar 1.31, 32 dan 33, dimisalkan apotema-apotemanya merupakan garis lurus. Arti kelurusan disini ialah arah apotema kerucut ditentukan oleh arah dua garis lurus berjarak minimum dan menyelubungi apotema yang sesungguhnya. Kedua garis tersebut tentunya harus terletak antara batas-batas yang telah ditentukan oleh toleransi ketirusan. Selanjutnya, apotema-apotema tersebut

tidak boleh melampaui batas-batas ukuran pada titik-titik ukuran-ukurannya telah ditentukan. Gambar 1.31 menggambarkan sebuah kerucutyang diberi ukuran atas dasar cara toleransi kerucut, dan dimana ukuran yang terbesar diberi toleransi.

**Gambar 1. 31 Sistim toleransi ketirusan (I).**

**Gambar 1. 32 Sistim tolerani ketirusan (II).**

**Gambar 1. 33 Sistim toleransi ketirusan (III).**

Gambar 1.32 memperlihatkan sebuah kerucut yang diberi ukuran menurut cara toleransi kerucut, dan dimana diameter dari penampang merupakan ukuran teoritis tepat, yang terletak anatra batas-batas yang telah ditentukan terhadap sisi kanan dari benda. Bentuk dari daerah toleransi kerucut berubah-ubah sesuai ukuran sebenarnya dari ukuran L, seperti pada gambar 1.32(a), (b) dan (c). Daerah toleransi kerucut ini sendiri tidak menentukan kesalahan-kesalahan kelurusan yang diizinkan.

Gambar 1.33 menunjukkan sebuah kerucut yang diberi ukuran menurut cara toleransi kerucut, dengan mempergunakan ukuran teoritis tepat,

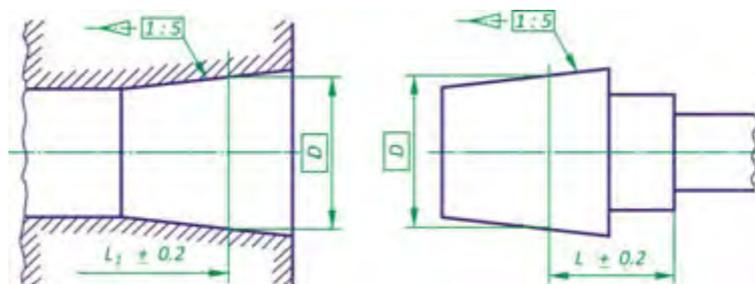
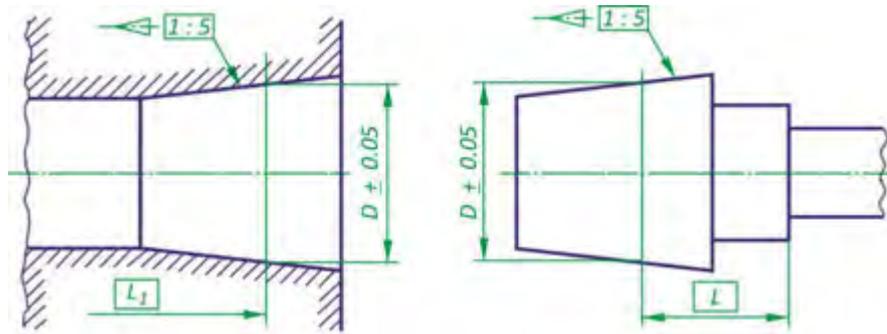
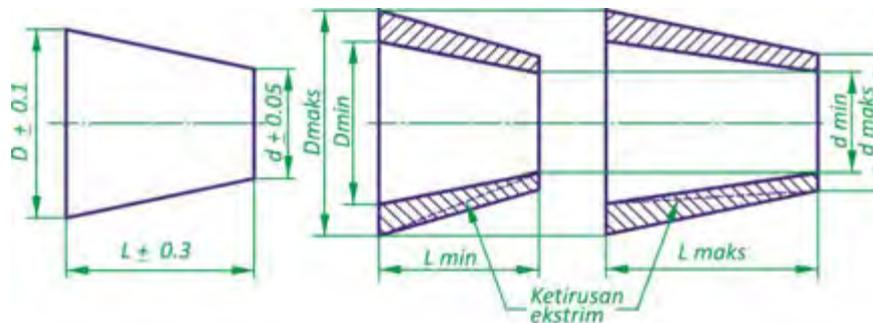
untuk menentukan posisi penampang dimana diameternya harus terletak dalam batas-batas ukuran. Posisi daerah toleransi untuk ketirusan berubah-ubah sesuai ukuran sebenernya dari diameter D pada bidang dasar, seperti tampak pada gambar 1.33(a), (b) dan (c). Daerah toleransi ketirusan ini sendiri tidak menentukan kesalahan kelurusan yang diizinkan.

### 3.7.4 Penerapan

Bila suaian pada bagian pasangannya diperlukan ,maka hal ini harus dijelaskan dalam gambar.

`Dalam member ukuran sepasang kerucut yang bekerja sama, hal-hal berikut harus diperinci :

a. Ketirusan nominal yang sama
b. Sebuah ukuran dalam kotak untuk diameter (gambar 1.34) atau untuk posisi (gambar 1.35) yang berhubungan dengan bidang ukur yang sama untuk kedua bagian yang dirakit.

Memberi ukuran kerucut seperti pada gambar 1.36, dimana diameter dari kedua ujung dan panjang kerucut diberi toleransi, tidak diperkenankan karena terjadi pengumpulan toleransi.

**Gambar 1. 34 Ukuran dua buah kerucut yang berpasangan (I).**

**Gambar 1. 35 Ukuran dua buah kerucut yang berpasangan (II).**

**Gambar 1. 36 Contoh yang jelek dari ukuran kerucut.**

## C. Rangkuman

1) Fungsi toleransi ialah agar benda kerja dapat diproduksi secara massal pada tempat yang berbeda, tetapi tetap mampu memenuhi fungsinya, antara lain, fungsi mampu tukar untuk bagian yang berpasangan.
2) Toleransi umum mewakili ukuran yang tidak dicantumkan langsung harga penyimpangannya.
3) Menurut ISO toleransi ditunjukkan dengan huruf untuk kedudukan daerah toleransi dan angka untuk kualitas toleransi, golongan lubang ditunjukkan dengan huruf kapital dan poros dengan huruf kecil. Huruf **I,L,O,Q** dan **W** beserta huruf kecilnya tidak digunakan.
4) Terdapat suaian basis lubang dan basis poros, sehubungan

dengan sulitnya pengerjaan pada suaian sistem basis poros. Jika tidak, terpaksa dianjurkan untuk menggunakan suaian sistem basis lubang.

## D. Tugas

5) Kerjakan tugas sesuai kriteria unjuk kerja yang dipersyaratkan yaitu gambar-gambar dibuat secara isometri, proyeksi ortogonal serta menggunakan lambang menurut ISO.
6) Fahami uraian materi pemelajaran dan jika memungkinkan pelajari juga materi yang sama dari sumber lain.
7) Susunlah hasil kegiatan belajar Anda dalam bentuk arsip untuk keperluan kegiatan penilaian.
8) Lakukan kajian dari keseluruhan kegiatan belajar Anda.
9) Konsultasikan dan lakukan tutorial dengan guru semua kegiatan belajar Anda.

## E. Gambar Kerja

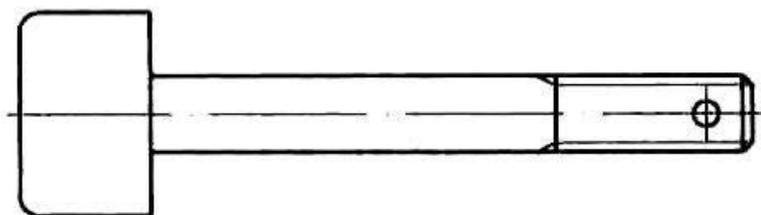
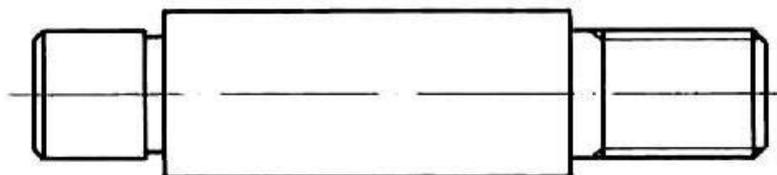
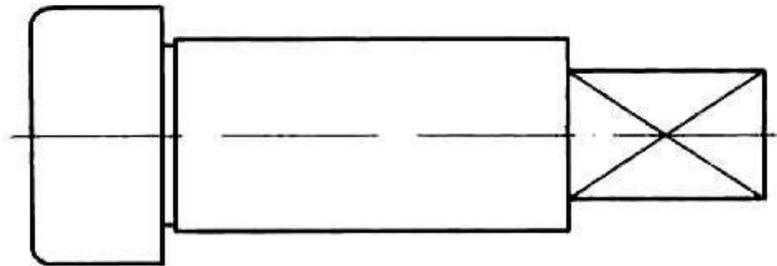
### Latihan 1

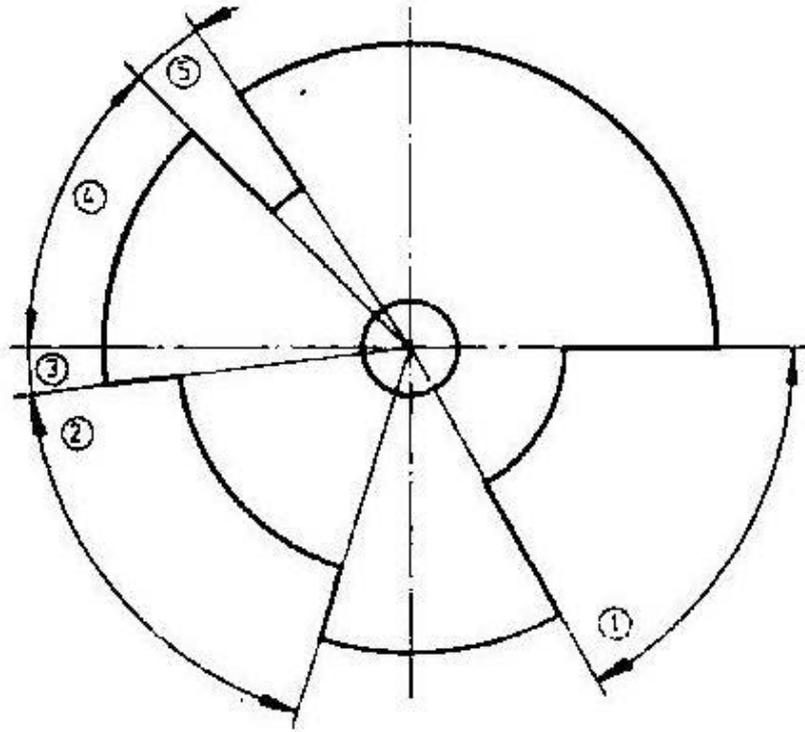
Gambar kembali gambar berikut ini pada kertas $A_4$ dengan skala

1:1 dan

lengkapi dengan :

(1) Pemberian ukuran untuk pengerjaan di bengkel;

(2) Mengacu pada tabel toleransi umum kualitas sedang, cantumkan pada setiap ukuran harga penyimpangannya.

**Latihan 2**

Gambar kembali gambar berikut pada kertas $A_4$ dengan skala 1:1 dan gantilah nomor yang dilingkari dengan ukuran yang dilengkapi dengan toleransinya berdasarkan dari tabel di bawah ini.

| No. | Ukuran Dasar | Toleransi | |
|---|---|---|---|
| | | Penyimpangan Atas | Penyimpangan Bawah |
| 1 | $60^0$ | +15’ | -15’ |
| 2 | $70^0$ | 0 | 20’ |
| 3 | Maks $8^0$ | - | - |
| 4 | Min $45^0$ | - | - |
| 5 | $12^0$30’ | +30” | -30” |

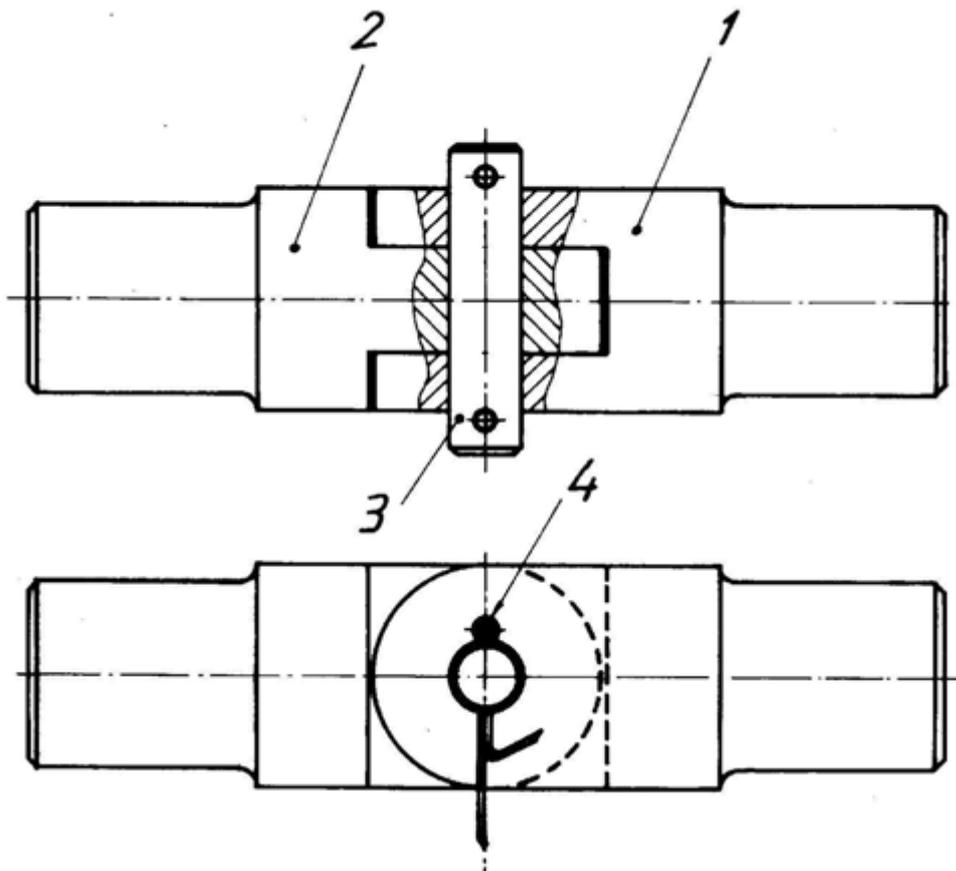
**Latihan 3**

Gambarkan harga toleransi dengan cara mengarsir kotak berikut dengan harga toleransi mengacu pada tabel serta hitunglah harga-harga yang mungkin terjadi.

| Latihan Toleransi ISO | Lub. | Por. | Lub. | Por. | Lub. | Por. | Lub. | Por. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 30 H7 | 30 g6 | 56 H7 | 56 js6 | 16 K7 | 16 h6 | 132 H7 | 132 p6 |
| + 80 µm | | | | | | | | |
| + 70 µm | | | | | | | | |
| + 60 µm | | | | | | | | |
| + 50 µm | | | | | | | | |
| + 40 µm | | | | | | | | |
| + 30 µm | | | | | | | | |
| + 20 µm | | | | | | | | |
| + 10 µm | | | | | | | | |
| Garis batas dasar | | | | | | | | |
| - 10 µm | | | | | | | | |
| - 20 µm | | | | | | | | |
| - 30 µm | | | | | | | | |
| - 40 µm | | | | | | | | |
| - 50 µm | | | | | | | | |
| - 60 µm | | | | | | | | |
| - 70 µm | | | | | | | | |
| - 80 µm | | | | | | | | |
| Ukuran dasar Ø mm | | | | | | | | |
| Penyimpangan atas µm | | | | | | | | |
| Penyimpangan bawah µm | | | | | | | | |
| Harga toleransi µm | | | | | | | | |
| Ukuran maksimum Ø mm | | | | | | | | |
| Ukuran minimum Ø mm | | | | | | | | |
| Celah maksimum µm | | | | | | | | |
| Celah minimum µm | | | | | | | | |
| Kesesakan maksimum µm | | | | | | | | |
| Kesesakan minimum µm | | | | | | | | |

**Latihan 4**

Berdasarkan gambar susunan “Sambungan” berikut ini, buatlah gambar nomor bagian 1 dan 2, dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Gunakan skala standar;
2. Dibuat dengan metode E, lengkap dengan ukuran yang perlu;
3. Suaian nomor bagian 1 dan 2 *running fit basis lubang,* suaian nomor bagian 1, 2 dan 3 *sliding fit basis lubang;*
4. Berilah nama bagian yang sesuai dengan fungsinya dan tentukan bahan yang sesuai.

# KEGIATAN BELAJAR 2
# TOLERANSI GEOMETRIK

## A. Tujuan Kegiatan Pemelajaran

1) Mengetahui fungsi dari toleransi geometrik
2) Mengetahui simbol yang digunakan dalam toleransi geometrik
3) Memahami cara penggunaan simbol toleransi geometrik
4) Memahami cara penyajian toleransi geometrik
5) Mampu membaca dan menyajikan toleransi geometrik pada gambar kerja

## B. Uraian Materi

### 1. Pendahuluan

Gambar dari bagian yang dibuat harus memberi semua keterangan yang diperlukan untuk dapat dibuat dengan tepat, atau untuk diperiksa. Oleh karena itu tiap gambar harus mempunyai tiga jenis informasi pokok, yaitu :

1. Bahan yang akan dipakai.
2. Bentuk atau sifat-sifat geometrik.
3. Ukuran-ukuran dari bagian.

Gambar harus menunjukkan juga perbedaan-perbedaan yang diizinkan, dari masing masing unsur tadi, dalam bentuk toleransi.

Bahan biasanya ditentukan oleh perincian tersendiri, atau dokumen tambahan, dan gambar hanya perlu menyinggung sebagai referensi (lihat lampiran).

Bentuk ditentukan oleh ukuran-ukuran linear dan sudut. Toleransi dapat diterapkan langsung pada ukuran-ukuran, atau dapat ditentukan oleh catatan toleransi umum.

Bentuk dan sifat-sifat geometrik dinyatakan dalam pandangan dalam gambar.

Pada bentuk dan sifat-sifat geometrik belum terdapat pengertian gambar yang denitif. Dalam tahun-tahun terakhir ini telah diperkenalkan toleransi geometrik dan telah diterapkan sebagai sebagai standar ISO, yang menentukan lambang internasional, maupun ketentuan yang tepat.

Toleransi geometrik demikian memungkinkan membuat bagian-bagian mampu tukar, atau bagian-bagian yang lebih teliti, meskipun dalam pabrik-pabrik yang berbeda dengan peralatan dan pengalaman yang bermacam-macam pula. Toleransi geometrik hanya diperinci bilaman diperlukan. Sampai sejauh mana hal ini diperlukan pada suatu saat tertentu, hanya dapat diputuskan, ditinjau dari segi persyaratan fungsional, kemampuan tukar dan keadaan pembuatan yang memungkinkan.

Dalam kegiatan belajar ini cara penyajian pada gambar, definisi dan pengertian toleransi geometrik akan dibahas.

## 2. Toleransi Geometrik dan Lambang-lambangnya

Toleransi geometrik mencakup toleransi bentuk, posisi, tempat dan penyimpangan putar, seperti pada Tabel 14.1. Dalam tabel ini jenis-jenis toleransi diperlihatkan dengan lambangnya masing-masing.

Toleransi bentuk membatasi penyimpangan diri sebuah elemen (titik, garis, sumbu, permukaan, atau bidang meridian) dari bentuk geometrik ideal. Posisi, tempat dan penyimpanan putar membatasi penyimpangan posisi atau tempat bersama dari dua atau lebih elemen.

**Tabel 2. 1 Lambang untuk sifat yang diberi toleransi.**

| Elemen dan toleransi | | Sifat yang diberi toleransi | Lambang |
|---|---|---|---|
| Elemen Tunggal | Toleransi bentuk | Kelurusan | — |
| | | Kedataran | ▱ |
| | | Kebulatan | ○ |
| | | Kesilindrisan | ⌭ |
| Elemen Tunggal atau yang berhubungan | | Profil garis | ⌒ |
| | | Profil permukaan | ⌓ |
| Elemen-elemen yang berhubungan | Toleransi orientasi | Kesejajaran | // |
| | | Ketegak lurusan | ⊥ |
| | | Ketirusan | ∠ |
| | Toleransi lokasi | Posisi | ⌖ |
| | | Konsentrisitas dan koaksialitas | ◎ |
| | | Kesimetrisan | ⌯ |
| | Toleransi putar | Putar tunggal | ↗ |
| | | Putar total | ⌰ |

## 3. Ketentuan Umum untuk Toleransi Geometrik

Sebuah toleransi geometrik dari suatu elemen menentukan daerah di dalam mana elemen tersebut harus berada. Sesuai sifat yang akan diberi toleransi, dan cara member ukurannya, daerah toleransu adalah salah satu daerah yang disebut dalam daftar berikut ini ::

- Luas dalam lingkaran.
- Luas antara dua lingkaran sepusat.
- Luas antara dua garis berjarak sama, atau dua garis lurus sejajar.
- Ruang dalam bola.

- Ruang dalam silinder.
- Ruang antara dua silinder bersumbu sama.
- Ruang antara dua permukaan berjarak sama atau dua bidang sejajar.
- Ruang dalam sebuah kubus.

Hubungan antara sifat toleransi dan jenis toleransi diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Elemen yang diberi toleransi dapat berbentuk apa saja, atau posisi dalam daerah toleransi, kecuali dikatakan lain. Toleransi berlaku untuk seluruh panjang garis atau permukaan, kecuali ditentukan lain.

**Tabel 2. 2 Hubungan antara sifat yang diberi toleransi dan daerah toleransi.**

| Daerah toleransi / Sifat-sifat yang diberi toleransi | Lambang | Daerah didalam lingkaran | Daerah antara dua lingkaran konstentris | Daerah antara dua garis berjarak sama atau dua garis lurus sejajar | Ruang dalam bola | Ruang dalam silinder | Ruang dalam dua silinder koaksial | Ruang antara dua garis berjarak sama atau dua garis lurus sejajar | Ruang dalamparalel epipidum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kelurusan | ⏤ | | | ○ | | ○ | | ○ | ○ |
| Kedataran | ⏥ | | | | | | | ○ | |
| Kebulatan | ○ | | ○ | | | | | | |
| Kesilindrisan | ⌭ | | | | | | ○ | | |
| Profil garis | ⌒ | | | ○ | | | | | |
| Profil permukaan | ⌓ | | | | | | | ○ | |
| Kesejajaran | ∥ | | | ○ | | ○ | | ○ | ○ |
| Ketegak lurusan | ⊥ | | | ○ | | ○ | | ○ | ○ |
| Ketirusan | ∠ | | | ○ | | | | ○ | ○ |
| Posisi | ⌖ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ |
| Konsentrisitas dan koaksialitas | ◎ | ○ | | | | ○ | | | |
| Kesimetrisan | ⌯ | | | ○ | | | | ○ | ○ |
| Putar tunggal | ↗ | | ○ | ○ | | | | | |
| Putar total | ⌰ | | | | | | ○ | ○ | |

## 4. Dasar

Pada kegiatan belajar sebelumnya telah dikatakan bahwa posisi, letak dan penyimpangan putar membatasi posisi, atau letak bersama dari dua atau lebih elemen. Dalam hal demikian sebuah elemen atau lebih dapat ditentukan sebagai dasar untuk maksud-maksud fungsional.

Dasar yang ditentukan adalah suatu referensi sifat terhadap mana sifat-sifat yang diinginkan atau elemen-elemen tertentu diukur.

Elemen dasar adalah sebuah elemen nyata dari suatu bagian, yang dipergunkan untuk menentukan letak dasar. Elemen dasar tergantung dari kesalahan pembuatan dan variasi pembuatan.

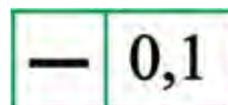
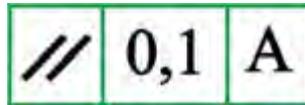
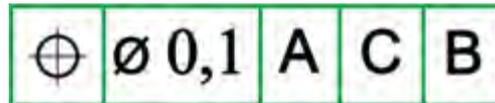
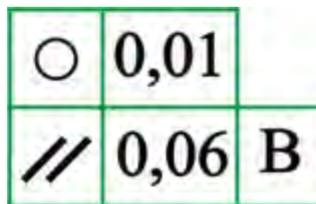
Misalkan, sebuah bidang datar, dari sebuah bagian, bila diperbesar akan memperlihatkan ketidakrataan. Bila disinggungkan pada sebuah bidang rata sempurna, maka hanya beberapa titik saja yang bersinggungan. Bidang demikian yang mempunyai permukaan yang mendekati kesempurnaan, seperti misalnya sebuah surface plate disebut “Elemen dasar tiruan”.

## 5. Penunjukkan dalam Gambar

### 5.1 Kotak Toleransi

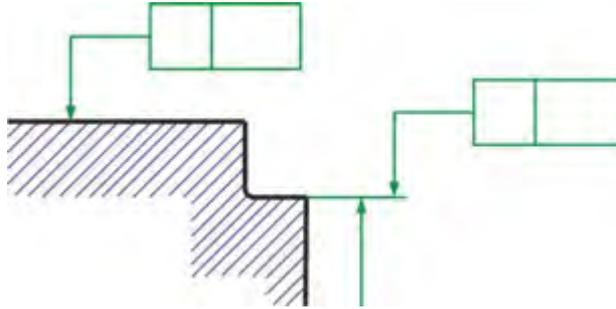
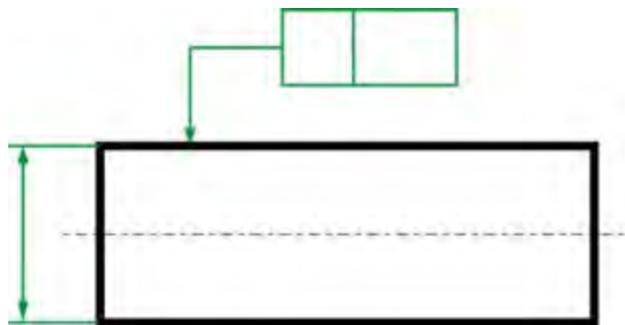
Persyaratan toleransi dinyatakan dalam sebuah kotak, yang dibagai dalam satu atau lebih ruang. Dalam urutan dari kiri ke kanan, ruang-ruang tersebut berisi (lihat gambar 2.1, 2 dan 3) :

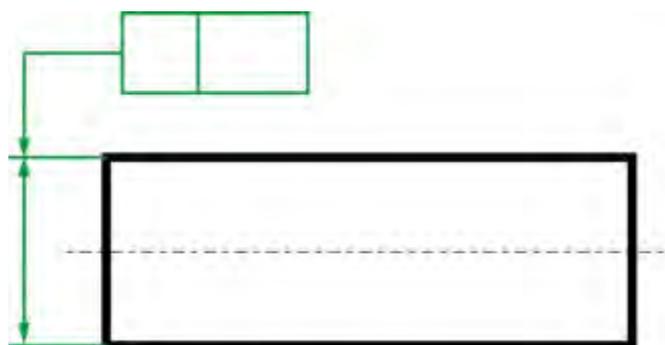
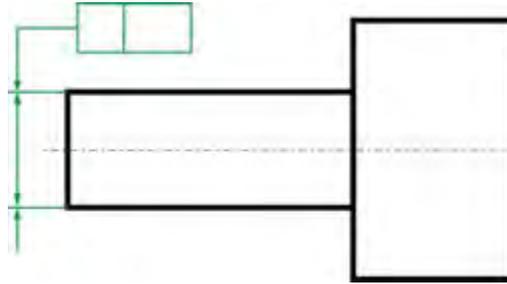
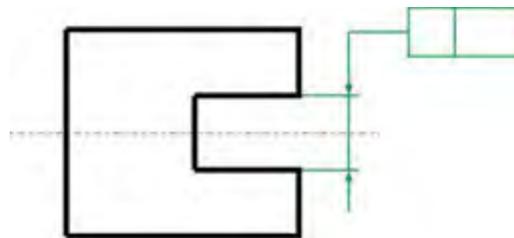
- Lambang dari sifat yang akan diberi toleransi.
- Nilai toleransi dalam satuan yang dipakai untuk ukuran linear. Nilai ini didahului oleh tandaϕ bila daerah toleransinya berbentuk bulat, atau silinder, atau oleh “Bola ϕ” bila daerah toleransinya berupa bola.
- Bila perlu, huruf atau huruf-huruf yang menunjukkan elemen dasar, atau elemen-elemen dasar (gambar 2.2 dan 3).

Bila diperlukan untuk memperinci lebih dari suatu sifat toleransi ntuk sebuah elemen, perincian toleransinya harus diberikan dalam kotak-kotak referensi yang ditumpuk seperti pada gambar 2.3.

**Gambar 2. 1 Kotak toleransi.**

**Gambar 2. 2 Kotak toleransi dengan elemen dasar.**

**Gambar 2. 3 Kotak toleransi dengan elemen dasar.**

**Gambar 2. 4 Perincian dari dua sifat toleransi.**

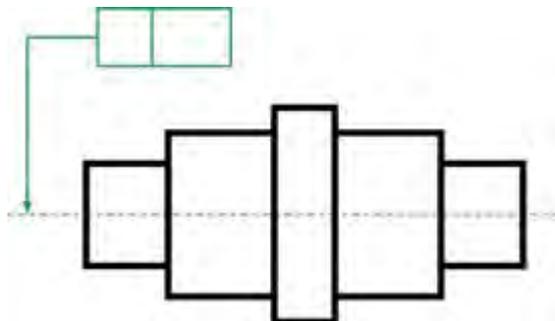
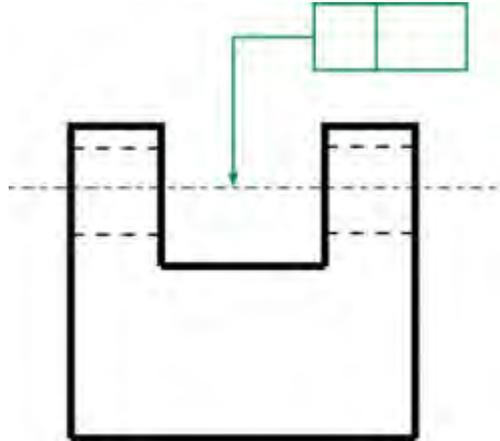
## 5.2 Elemen yang Diberi Toleransi

Kotak toleransi dihubngkan pada elemen yang diberi toleransi oleh sebuah garis penunjuk, yang berakhir dengan sebuah panah, sebagai berikut :

- Pada garis gambar dari elemen atau perpanjangannya (tetapi harus dipisahkan dengan jelas dari garis ukur), bila toleransinya menyangkut garis atau bidang itu sendiri (gambar 2.5 dan 6).

**Gambar 2. 5 Penunjukan elemen-elemen yang diberi toleransi.**

**Gambar 2. 6 Penunjukan elemen yang diberi toleransi.**

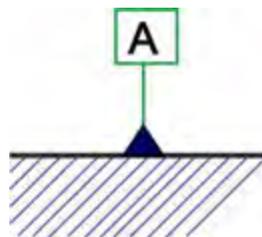
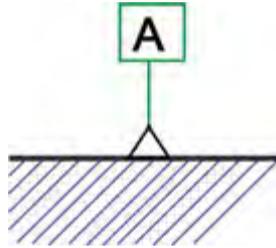
- Pada garis ukur, bila toleransinya menyangkut garis sumbu atau bidang meridian, yang ditentukan oleh elemen yang diberi ukuran demikian (gambar 2.7 s/d 9).

**Gambar 2. 7 Penunjukan elemen yang diberi toleransi (I)**

**Gambar 2. 8 Penunjukan yang diberi toleransi (II).**

**Gambar 2. 9 Penunjukan bidang meridian yang diberi toleransi.**

- Pada sumbu bila toleransinya menyangkut sumbu bidang meridian dari semua elemen yang sama dengan sumbu atau bidang meridian (gambar 2.10 s/d 12)

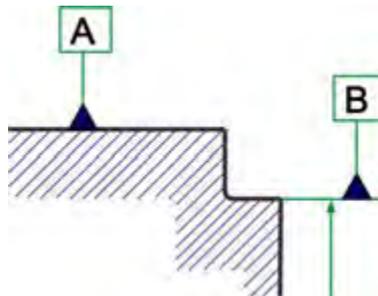
**Gambar 2. 10 Penunjukan sumbu yang diberi toleransi (III).**

**Gambar 2. 11 Penunjukan sumbu bersama yang diberi toleransi.**

**Gambar 2. 12 Penunjukan sumbu bersama yang diberi toleransi (II).**

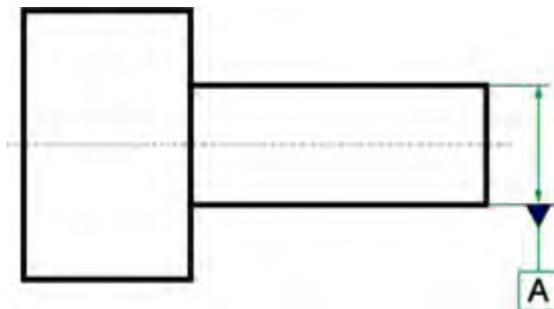
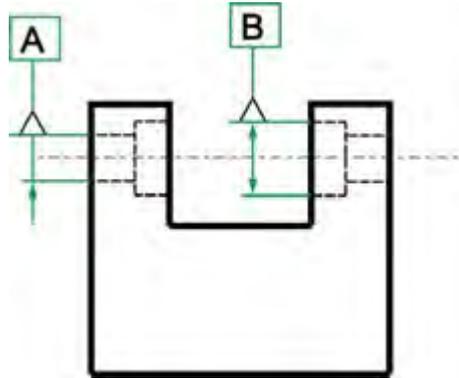
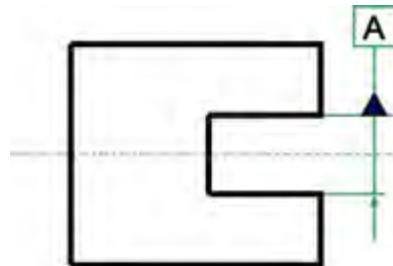
Bilamana sebuah toleransi akan diterapkan pada kontur dari elemen silindris atau simetris, atau pada sumbu atau bidang meridiannya, tergantung dari persyaratan fungsionalnya.

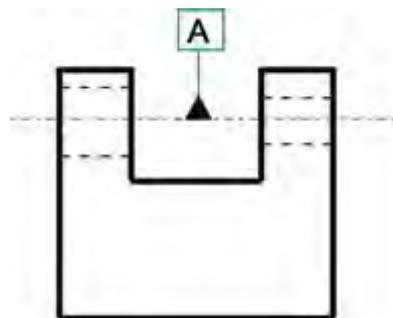
### 5.3 Dasar

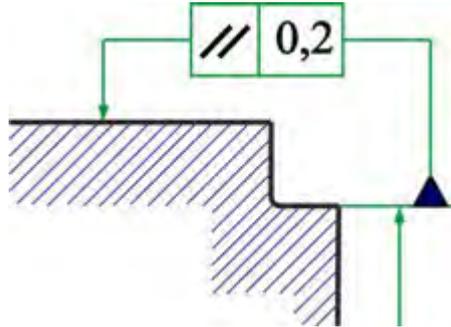
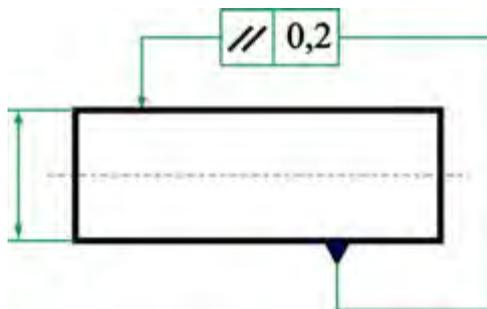
Bila sebuah elemen yang diberi toleransi manyangkut sebuah dasar, maka hal ini pada umumnya diperlihatkan dengan huruf-huruf besar. Huruf yang sama, yang menentukan dasar diulang dalam kotak toleransi. Untuk menunjukkan dasar, sebuah huruf besar di dalam kotak referensi, dihubungkan ke segitiga dasar. Bentuk segitiga adalah siku-siku dan hitamkan. Sudut siku dihubungkan dengan sebuah garis, dan sisi miringnya menempel pada elemen dasar (gambar 2.13 dan 14).

**Gambar 2. 13 Kotak dasar dan segitiga dasar (I).**

**Gambar 2. 14 Kotak dasar dan segitiga dasar (II).**

Segitiga dasar dengan huruf besar ditempatkan :

- Pada garis gamabr perpanjangannya (tetapi harus dipisahkan dengan jelas dari garis ukur), bilamana dasar ini adalah garis atau bidang itu sendiri (gambar 2.15).

**Gambar 2. 15 Penunjukan elemen-elemen dasar.**

- Sebagai perpanjangan dari garis ukur, bilamana elemen dasar adalah sumbu atau bidang meridian, yang ditentukan oleh elemen yang diberi ukuran demikian (gambar 2.16 s/d 18).

**Gambar 2. 16 Penunjukan sebuah sumbu dasar.**

**Gambar 2. 17 Penunjukan sumbu-sumbu dasar.**

**Gambar 2. 18 Penunjukan bidang tengah dasar.**

- Bilamana ruang untuk dua buah panah tidak mencukupi, maka salah satu panah dapat diganti dengan segitiga dasar (gambar 2.17).
- Pada sumbu atau bidang meridian, bilamana dasarnya sama dengan sumbu atau bidang meridian dari semua elemen pada sumbu atau bidang meridian tersebut (gambar 2.19).

**Gambar 2. 19 Penunjukan sumbu bersama dasar.**

Bila kotak toleransi dapat dihubungkan secara jelas dan mudah dengan elemen dasar dengan sebuah garis penunjuk, huruf dasarnya dapat dibuang, seperti pada gambar 2.20 dan 21.

**Gambar 2. 20Penunjukan elemen dasar yang dihubungkan pada kotak toleransi (I).**

**Gambar 2. 21Penunjukan elemen dasar yang dihubungkan pada kotak toleransi (II).**

Sebuah dasar tunggal diperinci oleh sebuah huruf besar (gambar 2.22). Sebuah dasar bersama yang dibentuk oleh dua elemen dasar, diperinci oleh dua huruf dasar, yang dipisahkan oleh sebuah tanda penghubung (gambar 2.23). Bilamana urutan dari dua elemen dasar atau lebih itu penting, penunjukkannya harus seperti pada gambar 2.24, dimana urutan dari kiri ke kanan menunjukkan tingkatan prioritasnya. Bilamana urutan tersebut tidak penting, penunjukkannya harus seperti pada gambar 2.25.

**Gambar 2. 22Penunjukan sebuah elemen dasar tunggal dalam kotak toleransi.**

**Gambar 2. 23 Penunjukan sebuah dasar besama.**

**Gambar 2. 24 Penunjukan prioritas dari elemen dasar.**

**Gambar 2. 25 Penunjukan elemen dasar tanpa prioritas.**

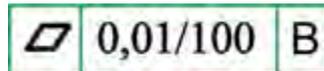
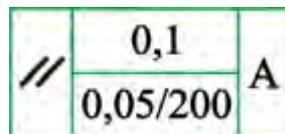
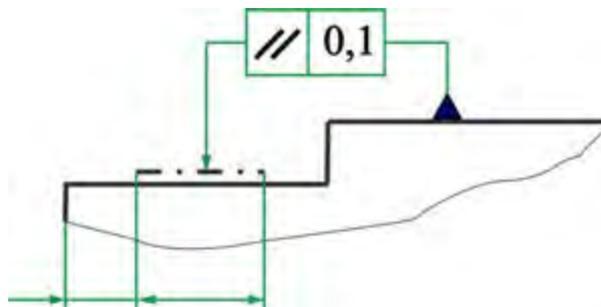
### 5.4 Keterangan-keterangan Terbatas

Elemen yang memenuhi syarat di dalam daerah toleransi penunjukkannya harus ditulis dekat kotak toleransi, dan boleh dihubungkan dengan garis penunjuk (gambar 2.26).

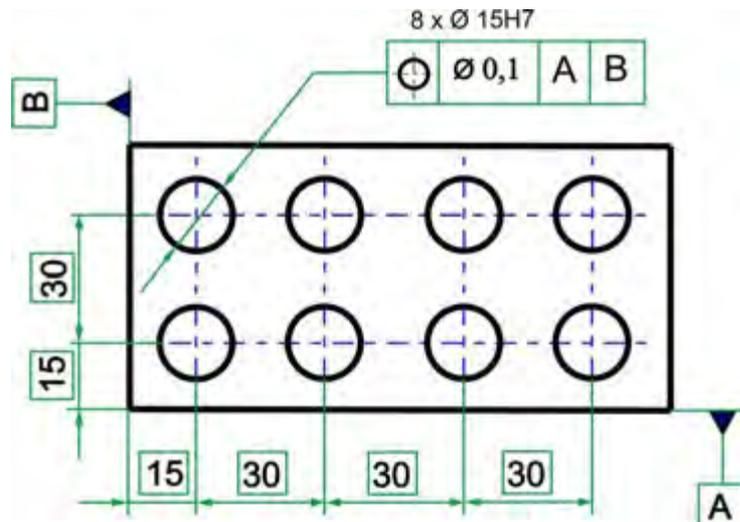
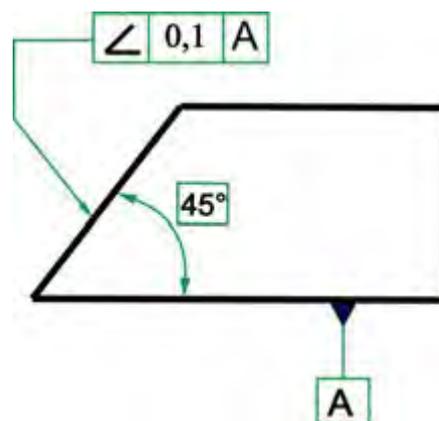
Bila toleransinya diterapkan pada panjang tertentu, yang terletak dimana saja, nilai panjang ini harus ditambahkan di belakang nilai toleransi, dan dipisahkan oleh sebuah garis miring. Dalam hal sebuah bidang, dipergunakan penunjukkan yang sama. Ini berarti bahwa toleransinya berlaku untuk semua garis dengan panjang tertentu dalam segala posisi dan segala arah (gambar 2.27).

Bila toleransi yang lebih kecil dari jenis yang sama ditambahkan pada toleransi pada seluruh elemen, tetapi dibahas pada panjang terbatas, toleransi yang dibatasi harus dinyatakan di dalam ruang bawah (gambar 2.28).

Bila toleransinya diterapkan pada bagian terbatas, dari elemen saja, penunjukkannya harus seperti pada gambar 2.29.

**Gambar 2. 26 Penunjukan elemen yang memenuhi syarat.**

**Gambar 2. 27 Penunjukan elemen yang memenuhi syarat.**

**Gambar 2. 28Toleransi yang lebih kecil diterapkan pada panjang tertentu.**

**Gambar 2. 29 Toleransi diterapkan pada sebuah bagian terbatas.**

## 5.5 Ukuran Teoritis Tepat

Bilamana toleransi posisi, bentuk atau sudut ditentukan untuk sebuah elemen, ukuran-ukuran yang menentukan posisi, bentuk atau sudut teoritis tepat, tidak boleh diberi toleransi. Ukuran demikian diletakkan dalam sebuah rangka persegi, sebagai berikut . Ukuran bagian yang sel 30 nya yang bersangkutan, hanya tunduk pada toleransi posisi, bentuk atau sudut, yang ditentukan dalam kotak toleransi.

**Gambar 2. 30 Ukuran teoritis tepat dengan toleransi posisi.**

**Gambar 2. 31 Ukuran teoritis tepat dengan toleransi sudut.**

## 6. Pengertian Penunjukan pada Gambar

### 6.1 Daerah Toleransi

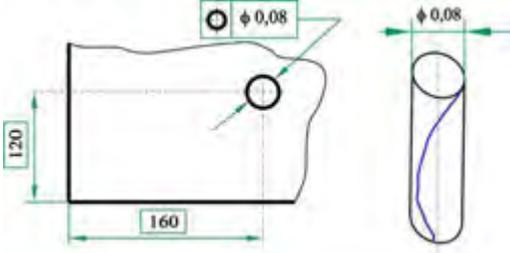
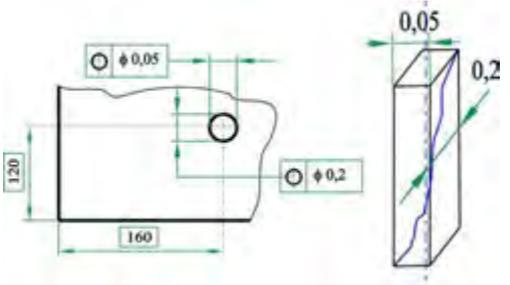
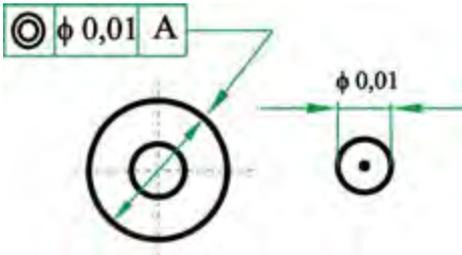
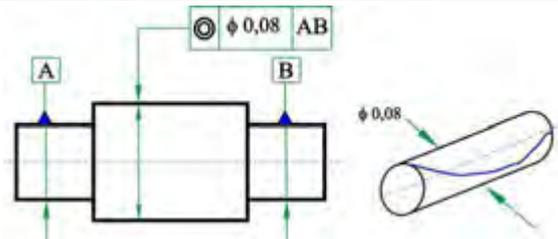
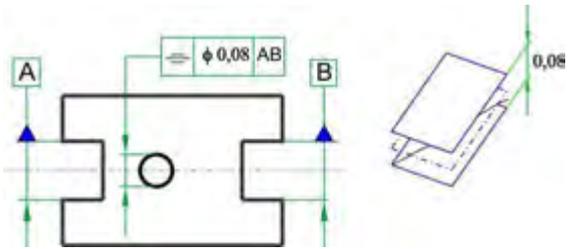
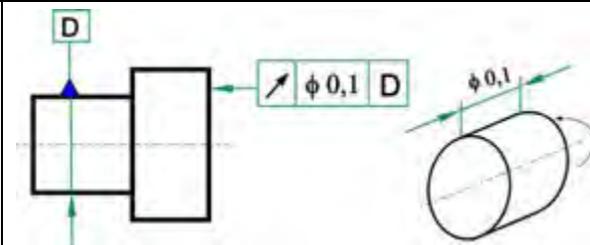
| Toleransi Kelurusan (Straightnes Tolerance) | |
|---|---|
| Sumbu silinder harus terletak didalam daerah toleransi yang berupa silinder dengan diameter sebesar 0,08 mm. |  |

| Setiap bagian garis dengan panjang 100 mm yang membuat suatu permukaan silinder, seperti yang ditunjukan oleh tanda panah, haruslah terletak diantara dua garis lurus sejajar yang berjarak 0,1 mm. | |
|---|---|
| Sumbu batang harus terletak pada daerah toleransi yang berupa paralelepipedum (balok segiempat) dengan lebar 0,1 mm pada arah vertikal dan 0,2 mm pada arah horisontal. | |
| Toleransi kerataan (Flatness Tolerace) | |
| Permukaan harus terletak diantara dua bidang sejajar yang berjarak 0,08 mm | |
| Toleransi kebulatan (Roundness Tolerance) | |
| Keliling piring (di dekat ujung berdiameter besar) harus terletak diantara dua lingkaran yang sebidang dan sepusat dengan jarak (beda jari-jari) sebesar 0,03 mm | |
| Kelilin tiap penampang konis harus terletak diantara dua lingkaran yang sebidang dan sepusat dengan jarak 0,05 mm | |
| Toleransi Kesilindrikan (Cylindricity Tolerance) | |
| Permukaan yang dimaksudkan harus terletak diantara dua silinder yang sesumbu dengan beda radius sebesar 0,1 mm. | |
| Toleransi kesejajaran (Parallelism Tolerance) | |

| | |
|---|---|
| Sumbu lubang diatas harus terletak didalam silinder dengan diameter 0,03 mm yang sejajar dengan sumbu lubang dibawah (sumbu dasar A) | |
| Sumbu lubang diatas harus terletak diantara dua garis lurus yang terletak pada bidang mendatar dengan jarak 0,1 mm yang sejajar dengan sumbu lubang dibawah (elemen dasar). | |
| Sumbu lubang diatas harus terletak didalam paralelepipedum (balok segi empat) yang mempunyai lebar sebesar 0,2 mm pada arah horisontal dan 0,1 mm pada arah vertikal, yang sejajar dengan sumbu lubang dibawah (elemen dasar). | |
| Sumbu lubang harus terletak diantara dua bidang dengan jarak 0,01 mm, yang sejajar dengan bidang dasar. | |
| Toleransi Ketegaklurusan (Perpendicular Tolerance) | |

| | |
|---|---|
| Sumbu silinder yang ditunjukkan oleh kotak toleranasi (silinder bagian atas) harus terletak pada silinder dengan diameter 0,06 mm yang tegak lurus terhadap bidang dasar A. | |
| Sumbu silinder yang ditunjukkan oleh kotak toleranasiharus terletak diantara dua garis lurus sejajaryang berjarak 0,1 mm, yang tegak lurus dengan bidang dasar (bidang bawah). | |
| Sumbu silinder harus terletak didalam paralelepipedum 0,1 x0,2 mm, yang tegak lurus dengan bidang dasar. | |
| Sisi/bidang sebelah kanan komponen harus terletak diantara dua bidang sejajar berjarak 0,08 mm, yang tegak lurus dengan sumbu silinder. | |
| Sisi/bidang tegak komponen harus terletak diantara dua bidang sejajar berjarak 0,08 mm, yang tegak lurus dengan sumbu silinder. | |
| Toleransi Kemiringan/Kesudutan (*Angularity Tolerance*) | |

| | |
|---|---|
| Sumbu lubang harus terletak di antara dua garis lurus sejajar berjarak 0,08 mm dan yang membuat sudut sebesar 60 $^{o}$ dengan sumbu horizontal A<br>Catatan<br>Apabila garis yang diaksud dengan garis acuan terletak dala satu bidang (tidak saling berpotongan), daerah toleransinya dianggap pada bidang yang melalui garis acuan dan proyeksi garis yang dimaksud. |   |
| Sumbu lubang lurus terletak di antara dua garis lurus sejajar berjarak 0,08 mm dan membuat sudut sebesar 80 $^{o}$ dengan bidang dasar A |   |
| Bidang miring harus terletak di antara dua bidang sejajar berjarak 0,1 mm dan yang membuat sudut sebesar 75 $^{o}$ dengan sumbu acuan A. |   |
| Bidang miring harus terletak di antara dua bidang sejajar berjarak 0,08 mm dan membuat sudut sebesar 40 $^{o}$ dengan bidang dasar A |   |
| Toleransi Posisi (*Positional Tolerance*) | |

| | |
|---|---|
| Sumbu lubang harus terletak dalam silinder dengan diameter 0,08 mm yang mempunyai sumbu dengan posisi yang benar |  |
| Sumbu lubang harus terletak dalam pararel<br>Epipedum dengan lebar 0,05 m dalam arah horizontal dan 0,2 mm dalam arah vertikal yang mempunyai sumbu dengan posisi yang benar. |  |
| Toleransi Kesimetrikan dan Kesamaan Sumbu (*Concentricity and Coaxiality Tolerance*) | |
| Pusat yang ditunjukan oleh kotak toleransi (lingkaran luar) harus terletak pada lingkaran berdiameter 0,01 mm dan titik pusatnya berhimpit dengan titik pusat lingkaran acuan A (lingkaran dalam) |  |
| Sumbu silinder yang ditunjukan oleh kotak toleransi (silinder tengah) harus terletak dalam silinder berdiameter 0,08 mm dengan sumbu berhimpit dengan sumbu acuan AB. |  |
| Toleransi Kesimetrikan (*Symetry Tolerance*) | |
| Sumbu lubang harus terletak di antara dua bidang sejajar berjarak 0,08 mm dan simetrik terhadap bidang tengahnya alur A dan B (elemen dasar) |  |
| Toleransi Kesalahan Putar (Run-Out Tolerance)<br><br>Toleransi kesalahan putar adalah harga maksimum yang diijinkan bagi | |

<table>
<tr><td colspan="2">variasi/perubahan letak elemen yang dimaksud terhadap suatu titik tetap selama satu kali putaran bagi elemen tersebut pada sumbu acuan. Sewaktu pengukuran berlangsung perubahan aksial sensor alat ukur relatif terhadap benda ukur tidak diperbolehkan.<br><br>Toleransi kesalahan putar memungkinkan terjadinya kombinasi kesalahan, asalkan jumlah kesalahan-kesalahan tersebut tidak melampaui batas toleransi kesalahan putar. Akibatnya toleransi kesalahan putar ini tidak menyatakan secara jelas kelurusan, kemiringan suatu garis terhadap sumbu putar (acuan), ataupun kerataan suatu permukaan. Meskipun demikian, toleransi kesalahan putar ini sering digunakan, misalnya untuk mengecek kebagusan suatu pasangan/rakitan (assembly). Pelaksanaan pengukurannya pun mudah dilakukan. Contoh pemakaian toleransi ini adalah sebagai berikut:</td></tr>
<tr><td>Kesalahan putar dalam arah aksial tidak boleh lebih besar dari 0,1 mm. Jika diukur pada setiap bidang ukur yang berbentuk silinder, selama satu kali putaran pada sumbu elemen D.</td><td>
</td></tr>
</table>

## 7. Prinsip Bahan Maksimum

Kondisi suatu pasangan/suaian longgar (bukan pas ataupun paksa dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu ukuran/dimensi dan kesalahan bentuk maupun posisi elemen geometrik yang saling berkaitan bagi kedua komponen yang disatukan. Kelonggaran minimum dapat terjadi apabila elemen-elemen tersebut dalam kondisi material yang maksimum (bila berupa lubang berarti dimensinya paling kecil, jika berupa poros ukuran nya yang terbesar). Sebaliknya kelonggaran yang lebih besar dapat terjadi apabila elemen-elemen yang bersangkutan dalam kondisi jauh dari batas ukuran material yang maksimum, dan bersamaan dengan itu kesalahan bentuk dan/atau posisi adalah jauh dari maksimum yang diizinkan. Dengan demikian, apabila ukuran sebenarnya elemen-elemen yang disatukan /dipasangkan ini ternyata jauh dari ukuran batas material maksimum, batas toleransi bentuk atau posisi sebenarnya dapat dilampaui tanpa mempengaruhi (membahayakan) perakitan.

Penambahan harga toleransi (ukuran, bentuk maupun posisi), dipandang dari segi pembuatan adalah sangat menguntungkan (mengapa?). Tetapi bisa juga dipandang dari segi fungsional penambahan harga toleransi ini mungkin tidak diizinkan. Sebagai contoh, penambahan harga toleransi posisi yang berkaitan dengan jarak antara dua sumbu lubang adalah:

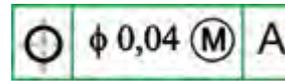
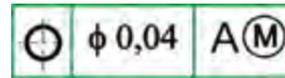
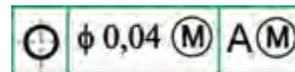
- Mungkin bila lubang-lubang tersebut digunakan hanya untuk baut pegencang.
- Tidak mungkin, jika lubang-lubang tersebut merupakan tempat dudukan roda-gigi atau pena bagi batang sistem kineatik yang teliti.

Oleh sebab itu, si perancanglah yang menentukan apakah penambahan toleransi ini diperbolehkan atau tidak. Jika hal ini diperbolehkan berarti dapat digunakan prinsip material maksimum dan pada gambar teknik dicantumkan suatu simbol : Ⓜ pada toleransi yang dimaksud

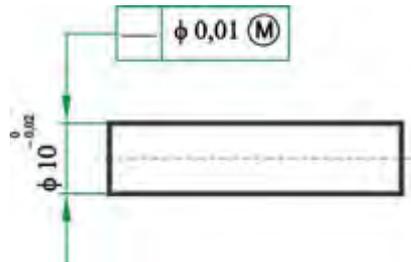
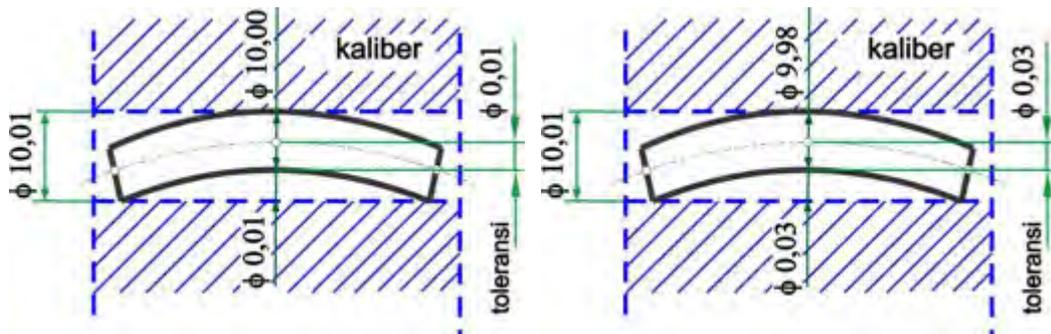
Simbol Ⓜ ini menyatakan bahwa toleransi bentuk atau posisi dapat diperlebar/diperbesar dengan harga sesuai dengan selisih antara batas ukuran maksimum material dengan ukuran sebenarnya elemen tersebut. Tentu saja penambahan toleransi ini paling besar harus mungkin sama dengan toleransi ukuran/dimensi bagi elemen yang bersangkutan (yaitu jikaukuran sebenarnya adalah persis pada batas material minium). Perlu dicatat bahwa penambahan toleransi pada salah satu elemen tersebut terjadi tanpa menghiraukan kondisi elemen pasangannya, dan perakitan dijai tidak akan dibahayakan (mengapa hal ini bisa terjadi akan dijelaskan pada beberap contoh pemakaian berikut).

Apabila toleransi bentuk atau posisi diberikan pada suatu elemen yang dihubungkan dengan suatu elemen dasar/acuan yang juga mempunyai toleransi ukuran, prinsip toleransi maksimum dapat pula dipakai pada ke

dua-duanya (bagi elemen yang diberi toleransi aupun bagi elemen dasarnya). Jadi simbol Ⓜ dapat dituliskan setelah :

- Harga toleransi, misalnya ⌖ | $\phi$ 0,04 Ⓜ | A
- Huruf elemen dasar seperti ⌖ | $\phi$ 0,04 | AⓂ
- Atau kedua-duanya yaitu ⌖ | $\phi$ 0,04 Ⓜ | AⓂ

Patut diingat jika prinsip material maksimum ini tidak dipakai (atau tidak boleh digunakan) maka, selain kesalahan ukuran, kesalahan bentuk atau posisi haruslah diperksa juga secara terpisah. Apabila prinsip material maksimum diterapkan, kesalahan ukuran, bentuk dan/ataupun posisi dapat diperiksa secara serentak dengan memakai alat ukur khusus yang dinamakan **kalibe**r (*gauge*). Dengan rancangan yang khusus (akan diulas lebih lanjut pada sub bab Perancangan Kaliber). Kaliber ini  dibuat untuk melakukan berbagai peeriksaan kualitas produk sesuai dengan jenis toleransi yang dispesifikan. Beberapa contoh pemakaian prinsip aterial aksimu adalah sebagai berikut (perhatikan rancangan kaliber teoritiknya):

A. Kelurusan

Gambar 2.32 merupakan contoh pemakaian prinsip material maksimum bagi kelurusan sumbu suatu pasak. Menurut pernyataan tersebut sumbu pasak harus terletak di dalam suatu daerah toleransi yang berupa silinder dengan diameter 0,01 mm. karena ada simbol (M) dibelakang harga toleransi, berarti diameter 0,01 mm ini dapat diperbesar sampai dengan 0,03 mm. Hal ini sesuai dengan penambahan sebesar 0,02 mm yang merupakan harga maksimum yang mungkin dapat ditambahkan (jika pasak mempunyai ukuran sebenarnya pada batas material minimum yaitu $\phi$9,98 mm).

**Gambar 2. 32 Pernyataan pada gambar teknik**

**Gambar 2. 33 Pasak pada kondisi material maksimum (ϕ 10), toleransi kelurusan sesungguhnya ϕ 0,01.**

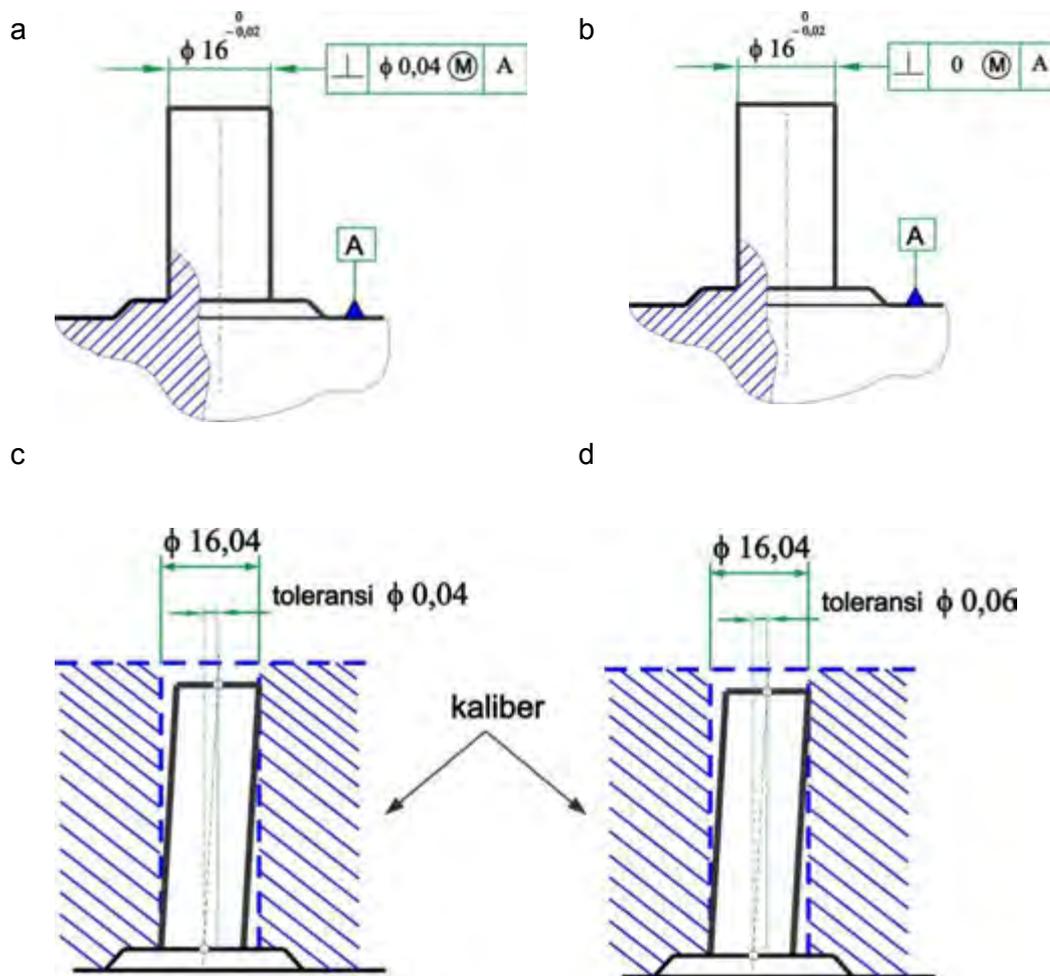
**Gambar 2. 34 Pasak pada kondisi material maksimum (ϕ 10), toleransi kelurusan sesungguhnya ϕ 0,01.**

Gambar 2.32 s.d. 2.34 Arti toleransi kelurusan sumbu suatu pasak dengan tanda pemberlakuan prinsip material maksimum. Perhatikan perubahan harga kelurusan sumbunya. Jika pasak mempunyai ukuran diameter sesungguhnya sebesar 9,98 mm, ketidaklurusannya bisa mencapai 0,03. Yaitu toleransi kelurusan (0,01) ditambah selisih ukuran sebenarnya terhadap ukuran material maksimum (10,00 – 9,98 = 0,02).

Suatu kaliber cincin/lubang pemeriksa poros (*ring/hole gauge*) dapat dibuat khusus untuk memeriksa kelurusan pasak. Kaliber ini mempunyai diameter lubang sebesar $\phi$10,01 mm. Gambar 2.33 menunjukan suatu keadaan dimana pasak persis pada kondisi material maksimum. Pada kondisi ini kesalahan kelurusan maksimum yang mungkin terjadi adalah apabila pasak berbentuk seperti vambar tersebut dan toleransi kelurusan yang di "ukur" oleh kaliber pemeriksa pada saat itu adalah persis seharga 0,01 mm.

Gambar 2.34 memperlihatkan suatu kondisi di mana pasak persis pada kondisi material minimum. Kesalahan kelurusan maksimum yang mungkin terjadi adalah sebesar 0,03 mm. Harga toleransi kelurusan 0,03 mm hal ini tidaklah diizinkan seandainya tidak ada simbol (M). Kaliber cincin/lubang seperti contoh ini sesungguhnya memeriksa efek kombinasi kelurusan dan ukuran/diameter pasak. Dengan demikian, untuk memastikan bahwa diameter pasak tidak melampaui batas-batas toleransi ukurannya, haruslah diperiksa secara terpisah (diukur secara langsung ; misalnya dengan memakai mikrometer).

B. ketegaklurusan

Gambar 2.35a merupakan contoh pemakaian prinsip material maksimum bagi toleransi ketegaklurusan suatu pena terhadap permukaan elemen dasar A. Pernyataan ini mempunyai arti bahwa sumbu pena harus terletak didalam silinder yang tegak lurus terhadap permukaan dasar (acuan)yang mempunyai diameter dengan harga diantara harga minimum 0,04 mm dan harga maksimum 0,06 m.

**Gambar 2. 35 Arti toleransi ketegaklurusan sumbu suatu pena dengan pemberlakuan prinsip material maksimum. Kaliber ring dapat dibuat untuk keperluan pemeriksaan kualitas elemen geometrik yang saling berkaitan. Dalam contoh ini toleransi ukuran berkaitan dengan toleransi ketegaklurusan. Jika ukuran pena jauh dari batas material maksimumnya, toleransi ketegaklurusan yang efektif dapat diperbesar. Inilah tujuan pemakaian simbol (M)**

Harga toleransi ketegaklurusan Maksimum dapat terjadi seandainya diameter pena adlaah persis pada batas minimum material (gambar 2.35c). Karenna kaliber cincin/lubang yang direncanakan tersebut mengecek sekaligus kombinasi kesalahan ketidaklurusan dan ukuran (dimensi) maka, untuk memastikan bahwa dimensi pena tidak

melampaui batas-batas toleransi ukuran yang diizinkan, harus dilakukan pemeriksaan ukuran secara terpisah.

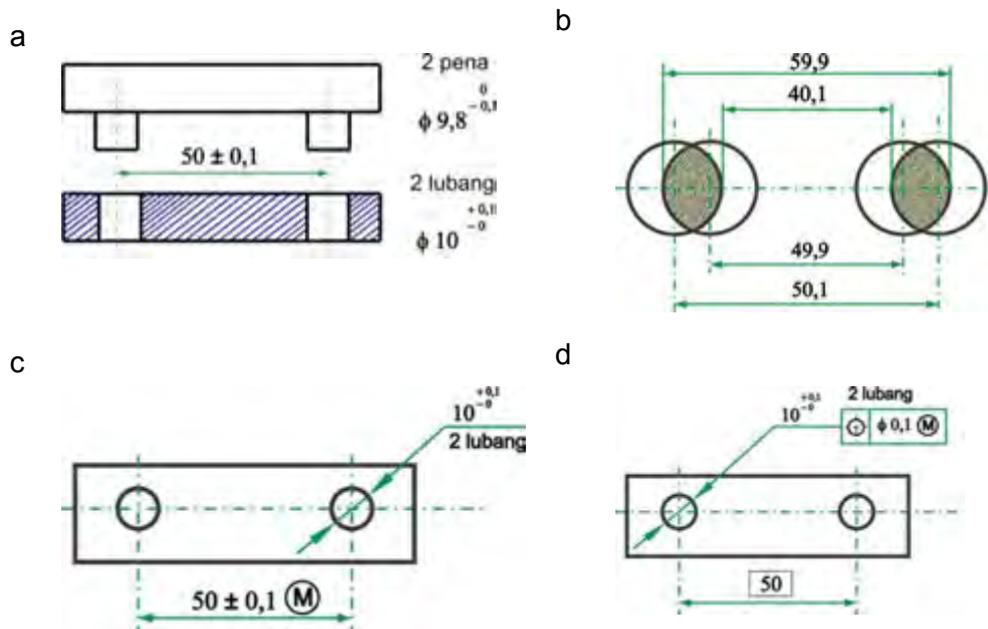
Jika seandainya diinginkan bahwa setiap kesalahan orientasi, dalam hal ini adalah ketidaklurusan dapat dituliskan seperti pada gambar 2.35d. Pernyataan tersebut mempunyai arti jika dimensi pena persis pada batas paling besar, sumbu pena haruslah betul-betul tegak lurus terhadap elemen dasar A. Penyimpangan ketidaklurusan hanya boleh terjadi jika dimensi pena adalah jauh dari batas material maksimum. Penyimpangan terbesar yang mungkin terjadi dan asih dapat diizinkan adalah sebesar 0,02 mm, yaitu apabila pena persis pada batas material minimum.

C. Jarak antara titik pusat

Gambar 2.36a memperlihatkan suatu contoh pemberian toleransi jarak antar dua titik pusat, dimana kedua komponen tersebut dijamin masih dapat dipasangkan meskipun dalam kondisi yang terjelek yaitu :

- Komponen atas : jarak titik pusat dan diameter pena persis dalam kondisi maksimum.
- Komponen bawah : jarak titik pusat dan diameter lubang persis dalam kondisi maksimum.

Atau dapat pula sebagaimana kondisi berikut :

- Komponen atas : jarak titik pusat dalam kondisi minimum dan diameter pena dalam kondisi maksimum
- Komponen bawah : jarak titik pusat dalam keadaan yang maksimum sedang diameter lubang adalah minimum.

**Gambar 2. 36 Toleransi jarak ke dua pasak (elemen atas) dan ke dua lubang (elemen bawah) sebagaimana yang ditunjukan pada gambar a dapat diganti dengan menuliskan-nya seperti pada gambar c atau d. Pemakaian prinsip material maksimum pada toleransi jarak antara titik pusat seperti ini selain lebih jelas juga lebih menguntungkan jika ditinjau dari aspek pembuatan**

Gambar 2.36b menunjukan kondisi ekstrim bagi komponen bawah, dan pemasangan dengan komponen atas masih mungkin dilakukan apabilandipenuhi dua hal berikut yaitu:

1. Jarak antara sisi luar ke dua pena komponen atas tidak melebihi 59,9 mm
2. Jarak antara sisi dalam ke dua pena tersebut tidak kurang dari 40,1 mm

Dengan demikian, apabila pena-pena koponen atas persis pada kondisi material minimum yaitu 9,7 mm, jarak titik pusatnya dapat berharga antara :

59,9 – 9,7 =50,2 mm dan 40,1 + 9,7 =49,8 mm.

Berarti, daerah toleransi efektifnya adalah ±0,2 mm (pada gambar 2.36a hanya tertera sebesar ± 0,1 m). Oleh sebab itu, prinsip material maksimum dapat dipakai untuk jarak antara titik pusat bagi koponen atas (dengan tujuan untuk memperoleh keuntungan dari segi

pembuatan). Demikian pula halnya untuk komponen bawah, dan cara pemakaian simbol (M) ini ada 2 macam yaitu:

- Seperti pada gambar 2.36c : simbol (M) mengikuti toleransi jarak antara titik pusat (daerah toleransinya serupa dengan daerah toleransi dimensi).
- Seperti pada gambar 2.36d : simbol (M) mengikuti toleransi toleransi posisi sumbu lubang (daerah toleransinya berupa lingkaran/silinder).

D. Posisi

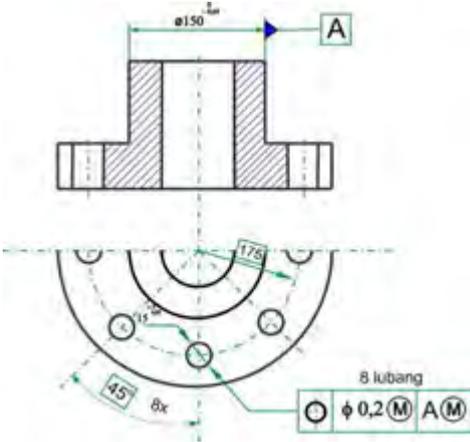
Gambar 2.37a menunjukan pernyataan toleransi bagi delapan buah lubang relatif terhadap silinder dasar A. Pada kotak toleransi posisi lubang tercantu bahwa prinsip material maksimum dimanfaatkan baik bagi toleransi posisi maupun bagi elemen dasarnya. Elemen acuan berupa silinder yang juga mempunyai toleransi dimensi (perhatikan bahwa toleransi dimensi elemen dasar adalah lebih sempit daripada toleransi dimensi bagi delapan lubang). Yang menjadi pertanyaan adalah berapa sebenarnya toleransi posisi maksimu yang mungkin terjadi bagi suatu sumbu elemen dasarnya?

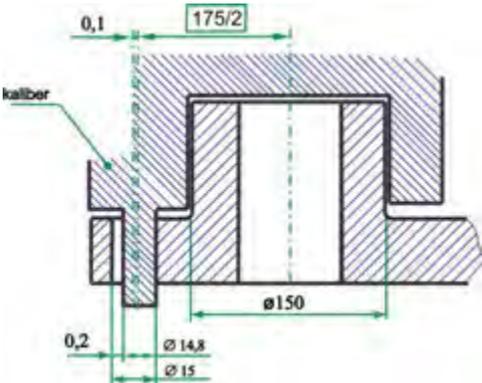
Apabila lubang dan silinder dasar acuan persis pada kondisi material maksimum, sumbu lubang harus terletak pada silinder toleransi yang berdiameter 0,2 mm dan sumbunya terletak pada posisi yang benar.

Gambar 2.37b memperlihatkan kondisi tersebut dan hal ini diperiksa dengan memakai suatu kaliber yang khusus dibuat untuk mengecek posisi satu lubang terhadap silinder dasar. Penambahan toleransi posisi lubang yang paling besar terjadi apabila lubang dan silinder dasar persis pada kondisi material minimum (gambar 2.37c).

Perubahan posisi sumbu lubang dengan sumbu kaliber pena pada saat tersebut adalah sebesar setengah nya harga toleransi ditambah toleransi lubang yaitu sebesar. ½ (0,2 + 0,3) = 0,25 mm. Karenna perubahan posisi sumbu silinder dasar (acuan) terhadap sumbu kaliber

lubang adalah sebesar 0,025 mm maka perubahan total sumbu lubang terhadap sumbu silinder dasar menjadi 0,25+ 0,025 = 0,275 mm. Oleh sebab itu, dengan pemakakaian prinsip material maksimum ini sumbu lubang harus terletak di dalam suatu daerah toleransi yang berupa silinder dengan sumbu yang terletak pada posisi yang benar dan diameter nya padat berharga antara 0,2 mm (minimum) dan 0,55 mm (maksimum).

Perubahan posisi sumbu antara lubang yang satu dengan yang lain dapat terjadi karena adanya perbedaan antara diameter sesungguhnya dengan diameter lubang pada kondisi material maksimum.

| | |
|---|---|
| a. Pernyataan pada gambar teknik | |
| b. Silinder dasar dan lubang pada kondisi material maksimum, toleransi posisi sumbu lubang (efektif) beupa silinder dengan diameter 0,2 mm | |

| | |
|---|---|
| c. Silinder dasar dan lubang pada kondisi material minimum, toleransi posisi sumbu lubang (efektif) berupa silinder dengan diameter 0,55 mm |  |
| d. Perubahan toleransi posisi antara dua lubang akibat perubahan ukuran lubang | |



**Gambar 2. 37 Pemakaian toleransi posisi dengan prinsip material maksimum pada lubang dan juga pada silinder acuan/dasarnya.Keuntungan mungkin diperoleh dalam proses pembuatan sebab harga toleransi posisi efektifnya bisa berubah sesuai dengan ukuran elemen geometrik yang berkaitan.Jka ukuran/dimensi tersebut berada pada kondisi material minimum (lubang paling besar, poros paling kecil), harga toleransi efektifnya menjadi 0,55 mm (yaitu, 0,20 + 0,30 + 0,05). Jika tanda (M) tersebut tak tercantum, kesalahan posisi, bagi masing-masing sumbu acuan sebesar 0,05 mm jelas tak diizinkan. :**

Gambar 2.23d menunjukan kondisi ekstrim di mana ke dua sumbu saling menjauhi dan perubahan posisinya dapat dihitung sebagai berikut :

Perubahan posisi sumbu lubang dalam kondisi material minimum terhadap posisi sumbu semula bagi lubang pada kondisi material maksimum adalah

$$\Delta = \frac{0,3}{2}\ \text{mm, atau}\ \delta = \frac{0,3}{2} \text{x} \frac{360^{o}}{175\ \text{x}\ \pi} = 5'54''$$

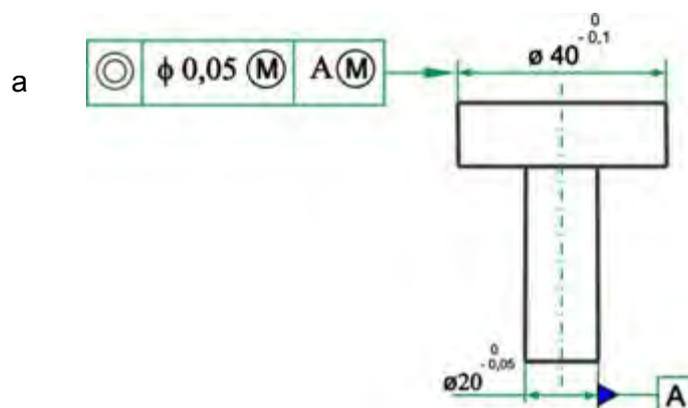
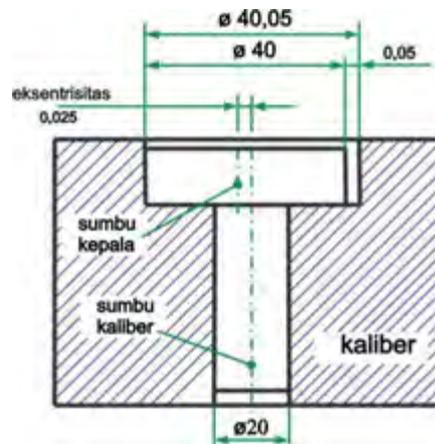
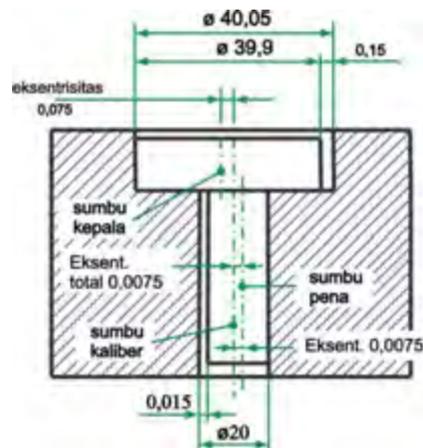
Perubahan total letak antara dua subu menjadi :

$$\delta = 5'54''\text{x}\ 2 = 11'48''$$

Kondisi ekstrim yang lain dapat pula terjadi yaitu apabila sumbu ke dua lubang saling mendekati.

**Kesamaan Sumbu**

Penggunaan prinsip material maksimum untuk toleransi kesamaan sumbu (coaxiality) adalah seperti contoh digambar 2.38a  Sumbu kepala pena harus terletak didalam silinder toleransi dengan sumbu yang berimpit dengan sumbu badan pena. Karena diameter kepala pena dan diameter badan pena dapat berharga lebih kecil daripada diameter-diameter pada kondisi material maksimum, maka diameter silinder toleransi juga berubah.

Harga terkecil yang dapat terjadi ialah 0,05 mm, yaitu apabila semua elemen yang bersangkutan berada pada kondisi material masimum(lihat gambar 2.38b). Harga terbesar yang mungkin dapat terjadi bagi diameter toleransi ini adalah 0,165 mm, yaitu apabila semua elemen tersebut persis pada kondisi material minimum,lihat gambar 2.38c.

b

c

**Gambar 2. 38 Arti toleransi kesamaan sumbu (coaxiality) suatu pena dengan memakai prinsip material maksimum pada elemen yang diberi toleransi dan juga pada elemen dasarnya. Harga toleransi kesamaan sumbu terbesar yang bisa dicapai adalah jika semua elemen berada pada kondisi material minimum, yaitu merupakan penjumlahan semua harga toleransi yang berkaitan (0,05 + 0,10 + 0,015 = 0,165).**

## C. Rangkuman

1) Fungsi dari toleransi geometri ialah agar benda kerja mempunyai fungsi mampu tukar terutama untuk komponen yang diperjualbelikan seperti komponen otomotif, pemakaiannya hanya jika benar-benar diperlukan.
2) Toleransi bentuk adalah penyimpangan bentuk benda kerja yang diizinkan apabila dibandingkan dengan bentuk yang dianggap ideal.
3) Toleransi posisi adalah penyimpangan posisi yang diizinkan terhadap posisi yang digunakan sebagai patokan (datum feature), sebagai contoh jika kita dikatakan berdiri secara tegak lurus terhadap lantai maka lantai yang dianggap sebagai patokan.
4) Lambang untuk patokan merupakan segi tiga yang dihitamkan dan diberi keterangan huruf patokan dalam kotak.
5) Lambang untuk yang ditoleransi mempunyai ujung anak panah yang diakhiri kotak-kotak berisi keterangan.
6) Penyajian toleransi geometri pada gambar kerja telah dibuat aturannya oleh ISO.

## D. Tugas

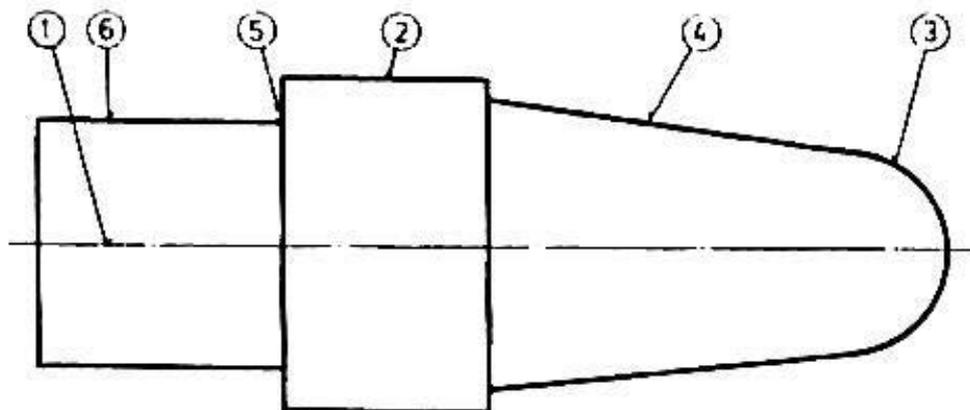
1) Kerjakan tugas sesuai kriteria unjuk kerja yang dipersyaratkan yaitu gambar-gambar dibuat secara isometri, proyeksi ortogonal serta menggunakan lambang menurut ISO.
2) Pahami uraian materi pemelajaran dan jika memungkinkan pelajari juga materi yang sama dari sumber lain.
3) Susunlah hasil kegiatan belajar Anda dalam bentuk arsip untuk keperluan kegiatan penilaian.
4) Lakukan kajian dari keseluruhan kegiatan belajar Anda.
5) Konsultasikan dan lakukan tutorial dengan guru semua kegiatan belajar Anda.

## E. Gambar Kerja

**Latihan 1**

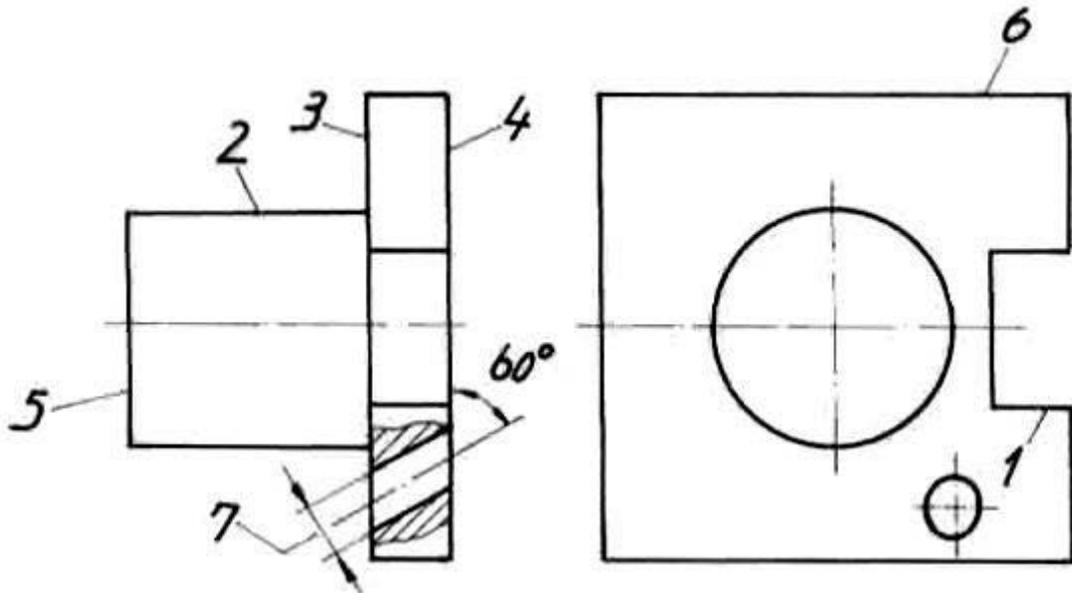
Buatlah gambar berikut (ukuran diukur dari soal) lengkap dengan ukuran, toleransi linier, kondisi permukaan dan toleransi geometri yang datanya ada pada tabel di bawah ini.

**Soal :**

1) Sebutkan fungsi dari toleransi geometri!

| Bagian yang Ditoleransi | Harga Toleransi |
|---|---|
| Kesatusumbuan (konsentrisitas) sumbu terhadap sumbu patokan (1) | ϕ0,03 |
| Bentuk lengkung (3) | 0,04 |
| Bentuk bulat (4) | 0,03 |
| Silindrisitas (6) | 0,02 |
| Penyimpangan radial (5) terhadap patokan (1) | 0,03 |

**Latihan 2**

Buatlah gambar berikut (ukuran diukur dari soal) lengkap dengan ukuran,

toleransi linier, kondisi permukaan dan toleransi geometri yang datanya ada pada tabel di bawah ini.

| Bagian yang Ditoleransi | Harga Toleransi |
| --- | --- |
| Kesimetrisan alur slot (1) terhadap patokan sumbu (2) | 0,05 |
| Kerataan dari (3) | 0,04 |
| Ketegaklurusan sumbu (2) terhadap patokan (4) | 0.03 |
| Kesejajaran (3) terhadap patokan (4) | 0,04 |
| Kedudukan sudut (7) terhadap patokan (4) | 0,03 |

## KEGIATAN BELAJAR 3
## CARA MENYATAKAN KONFIGURASI PERMUKAAN DAN TANDA PENGERJAAN DALAM GAMBAR

### A. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

1) Mengetahui fungsi dari kondisi permukaan dalam gambar kerja.
2) Mengetahui pengertian tanda pengerjaan dan harga kekasaran.
3) Memahami cara menyajikan kondisi permukaan pada gambar kerja.
4) Memahami cara memilih harga kekasaran umum untuk suatu gambar kerja berdasarkan tabel proses pengerjaan.
5) Mampu membaca dan menyajikan kondisi permukaan pada gambar kerja.

### B. Uraian Materi

#### 1. Kondisi Permukaan

Kekasaran permukaan dari bagian-bagian mesin dan juga bekas pengerjaannya merupakan faktor yang sangat penting untuk menjamin mutu bagian-bagian, seperti misalnya suaian atau ketahanan, maupun tampak dari bagian-bagian.

Penunjukan konfigurasi permukaan yang mencakup kekasaran permukaan, arah bekas pengerjaan dsb., diperlukan untuk menjamin tujuan-tujuan di atas. Maksud dari para perancang terhadap konfigurasi permukaan harus dinyatakan dalam gambar dengan cara-cara yang telah ditentukan secara internasional. Perincian konfigurasi permukaan tidak diperlukan jika proses pembuatan biasa dapat menjamin pengerjaan akhir (finish) yang dapat diterima.

Dalam bab ini ketentuan-ketentuan dan cara-cara penunjukan dari konfigurasi permukaan akan dijelaaskan menurut ISO/R 468 (Kekasaran

Permukaan) dan ISO 1302 (Cara menyatakan konfigurasi permukaan dalam gambar).

## 2. Definisi Kekasaran Permukaan

Ada beberapa cara untuk menyatakan kekasaran permukaan. Terutama sekali “penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil” dipergunakan, sesuai perkembangan alat ukur, dan persyaratan rencana. Di beberapa negara dipakai “sepuluh titik ketinggian $R_z$ dari ketidakrataan” atau “ketinggian maksimum $R_{max}$ dari ketidakrataan” secara konvensional.

Ketentuan-ketentuan dari tiga macam kekasaran permukaan dan nilai-nilai numeriknya digariskan dalam ISO/R 468-1966.

### 2.1 Penyimpangan Rata-rata Aritmetik dari Garis Rata-rata Profil

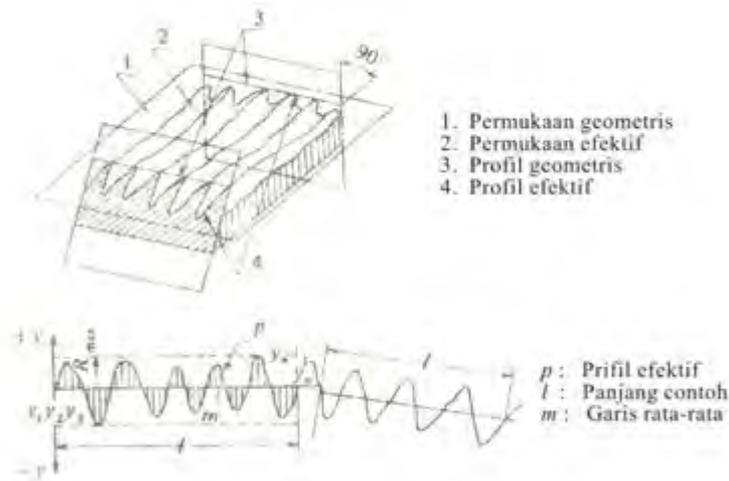
Penyimpangan rata-rata aritmetik $R_a$ ialah harga rata-rata dari ordinat-ordinat profil efektif garis rata-ratanya. Profil efektif berarti garis bentuk (countour) dari potongan permukaan efektif oleh sebuah bidang yang telah ditentukan seccara konvensional, terhadap permukaan geometris ideal (Lih. Gambar 3.1).

Ordinat-ordinat ($y_1$, $y_2$, $y_3$, . . ., $y_n$) dijumlahkan tanpa memperhitungkan tandanya :

$$R_a = \frac{1}{l}\int_0^{1}\frac{1}{l}|y|\,dx$$

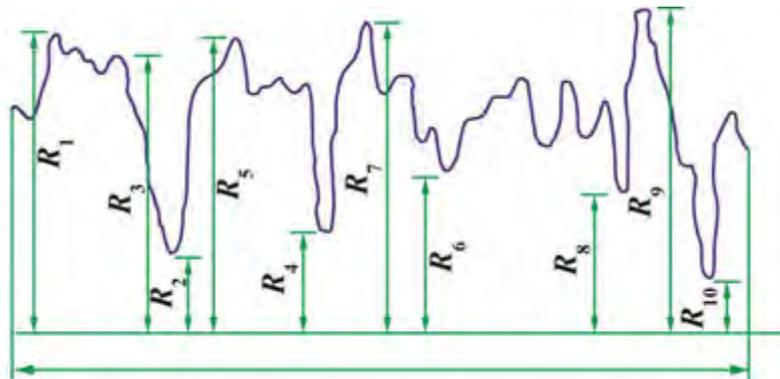
kira-kira

$$R_a = \frac{\sum_1^n |y|}{n};$$

di mana $l$ adalah panjang contoh yang telah ditentukan, yaitu panjang dari profil efektif yang diperlukan untuk menentukan kekasaran permukaan dari permukaan yang diteliti.

**Gambar 3. 1 Penyimpangan rata-rata aritmetik Ra dari garis rata-rata profil**

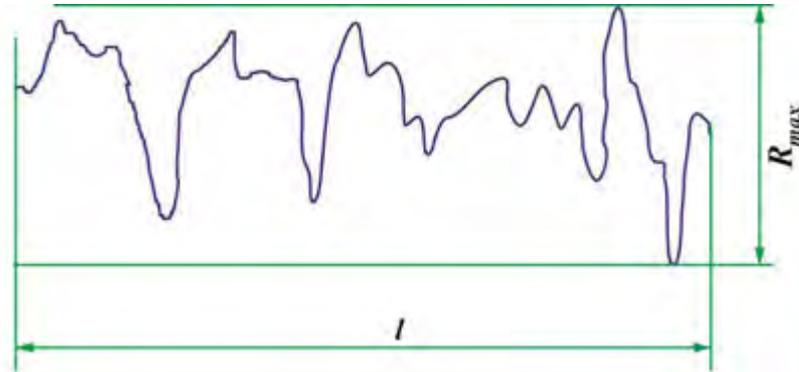
## 2.2 Ketidak Rataan Ketinggian Sepuluh Titik Rz

Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik $R_z$ adalah jarak rata-rata antara lima puncak teringgi dan lima lembah terddalam antara panjang contoh, yang diukur dari garis sejajar dengan garis rata-rata, dan tidak memotong profil tersebut (Gambar 3.2).

$$R_z = \frac{(R1+R3+R5+R7+R9)-(R2+R4+R6+R8+R10)}{5}$$

**Gambar 3. 2 Ketinggian sepuluh titik Ra dari ketidak rataan.**

## 2.3 Ketidak Rataan Ketinggian Maksimum $R_{max}$

Ketidak rataan ketinggian maksimum $R_{max}$ adalaah jarak antara dua garis sejajar dengan garis rata-rata, dan menyinggung profil

pada titik tertinggi dan terendah, antara panjang contoh (Gambar 3.3).

**Gambar 3. 3 Tinggi maksimum Rmax dari ketidak rataan.**

## 2.4 Harga-harga $R_a$ dan $R_z$

Seri harga untuk $R_a$ dan $R_z$ merupakan sebuah deret ukur dengan angka banding 1,25 yang sama (diutamakan seri angka R 10*) diberikan dalam Tabel 15.1 dan 15.2.

Harga kekasaran hanya membatasi harga kekasaran tertinggi. Jika dipandang perlu untuk membatasi harga kekasaran maksimum dan minimum, harus diberiikan dua harga batasan.

**Tabel 3. 1 Penyimpangan aritmetik rata-rata $R_a$.**

(satuan: mikrometer)

| 0,008 | | | |
|---|---|---|---|
| 0,001 | | | |
| 0,012 | 0,125 | 1,25 | 12,5 |
| 0,016 | 0,160 | 1,60 | 16,0 |
| 0,020 | 0,20 | 2,0 | 20 |
| 0,025 | 0,25 | 2,5 | 25 |
| 0,032 | 0,32 | 3,2 | 32 |
| 0,040 | 0,40 | 4,0 | 40 |
| 0,050 | 0,50 | 5,0 | 50 |
| 0,063 | 0,63 | 6,3 | 63 |
| 0,080 | 0,80 | 8,0 | 80 |
| 0,100 | 1,00 | 10,0 | 100 |

**Tabel 3. 2 Ketidak rataan ketinggian sepuluh titik $R_z$.**

(satuan: mikrometer)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,125 | 0,25 | 12,5 | 125 |
| | 0,160 | 0,60 | 16,0 | 160 |
| | 0,20 | 2,0 | 20 | 200 |
| | 0,25 | 2,5 | 25 | 250 |
| | 0,32 | 3,2 | 32 | 320 |
| 0,040 | 0,40 | 4,0 | 40 | 400 |
| 0,050 | 0,50 | 5,0 | 50 | |
| 0,063 | 0,63 | 6,3 | 63 | |
| 0,080 | 0,80 | 8,0 | 80 | |
| 0,100 | 1,00 | 10,0 | 100 | |

*Lihat : Tochtermann/Bodenstein: Konstruktionselemente des Maschinenbaues, 8 Auflage, Erster Teil, hal. 7

**Tabel 3. 3 Hubungan antara $R_a$, $R_z$, dan $R_{max}$**

(satuan: mikrometer)

| $R_a$ | $R_z$ | $R_{max}$ |
|---|---|---|
| 0,025 | 0,1 | 0,1 |
| 0,05 | 0,2 | 0,2 |
| 0,10 | 0,4 | 0,4 |
| 0,20 | 0,8 | 0,8 |
| 0,40 | 1,6 | 1,6 |
| 0,80 | 3,2 | 3,2 |
| 1,6 | 6,3 | 6,3 |
| 3,2 | 12,5 | 12,5 |
| 6,3 | 25 | 25 |
| 12,5 | 50 | 50 |
| 25 | 100 | 100 |
| 50 | 200 | 200 |
| 100 | 400 | 400 |

Dalam standar nasional, seri dengan angka banding 2 (diutamakan seri angka R 10/3) atau 1,6 (diutamakan seri angka R 5) dapat dipergunakan. Dalam JIS (Japanese Industrial Standars) B0601, seri R 10/3 dipakai.

Hubungan antara $R_a$, $R_z$, dan $R_{max}$ tidak mudah ditentukan, karena profil dari permukaannya memperngaruhi hubungannya. Sebagai referensi, dalam hal puncak-puncaknya dengan ketinggian yang sama berada dalam satu baris, dapat dipakai hubungan yang terddapat pada Tabel 3.3.

## 2.5 Harga-harga untuk Panjang Contoh (Sample)

Untuk pengukuran kekasaran permukaan, seri harga panjang contoh *l* diberikan pada Tabel 3.4.

Hubungan antara harga-harga panjang contoh (lih. Tabel 3.4) dan harga-harga kekasaran (lih. Tabel 3.1 dan 2) diperinci dalam standar-standar nasional.

Dalam JIS 0601 (Kekasaran Permukaan) persesuaiannya diperinci pada Tabel 3.5. Dalam hal $R_a$, panjang contoh diambil tiga kali atau lebih dari harga bulat. Harga-harga bulat yang diutamakan ialah:

0,08, 0,25, 0,8, 2,5, 8, 25,

dalam m. Harga bulat standar adalah 0,8 mm.

**Tabel 3. 4 Panjang contoh.**

(satuan: mikrometer)

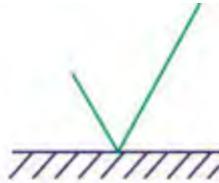
| | | |
|---|---|---|
| 0,08 | 0,80 | 8,00 |
| 0,25 | 2,50 | 25,00 |

**Tabel 3. 5 Hubungan antara panjang contoh l dan kekasaran permukaan. (JIS B 0601)**

| $R_z$ atau $R_{max}$ (μm) | | *l* (mm) |
|---|---|---|
| | < 0,8 | 0,25 |
| 0,8 < | < 0,63 | 0,8 |
| 6,3 < | < 25 | 2,5 |
| 25 < | < 100 | 8 |

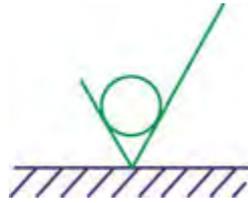
## 3. Lambang dan Tulisan untuk Menyatakan Konfigurasi Permukaan pada Gambar

### 3.1 Lambang yang Dipakai untuk Menunjukan Konfigurasi Permukaan

Lambang dasar terdiri dari dua kaki yang tidak sama panjangnya, dan membuat sudut kira-kira 60° dengan puncaknya menunjuk ke permukaan yang diperhatikan (Gambar3.4). Lambang ini merupakan lambang dasar, tetapi demikian saja tidak mempunyai arti.

**Gambar 3. 4 Lambang dasar konfigurasi permukaan.**

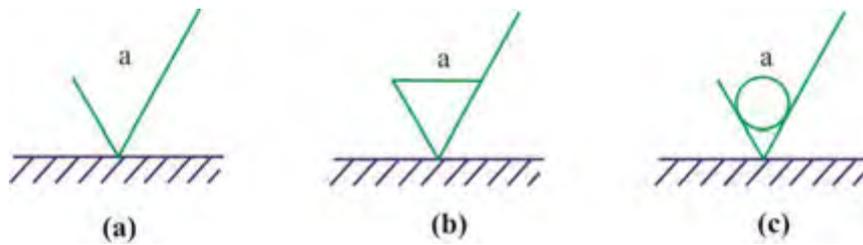
Jika diperlukan membuang bahan oleh mesin, pada lambang dasarnya ditambah garis, seperti pada Gb. 15.5.

**Gambar 3. 5 Lambang permukaan yang di mesin.**

Jika tidak diperkenankan membuang bahan, pada lambang dasarnya ditambah lingkaran, seperti pada Gb. 15.6. Lambang ini dapat dipergunakan pada gambar mengenai suatu proses produksi, yang menyatakan bahwa suatu permukaan harus berada pada keaddaan dari hasil pengerjaan sebelumnya. Keadaan permukaan ini dapat berupa hasil dari pembuangan bahan atau tidak.

**Gambar 3. 6 Lambang permukaan yang bahannya tidak boleh dibuang.**

## 3.2 Pernyataan-pernyataan yang Ditambahkan pada Lambang

a Penunjukan Kekasaran Permukaan

Harga-harga yang menentukan persyaratan kekasaran ditambahkan pada lambang-lambang pada Gambar3.4-6, seperti Gambar3.7.

**Gambar 3. 7 Penunjukan kekasaran permukaan.**

Pertimbangan utama untuk kekasaran adalah penyimpangan rata-rata aritmetik $R_a$. Untuk menghindari salah tafsir dari nilai numeriknya, yang dapat dinyatakan dalam satuan-satuan yanng berlainan (micrometer atau microinch), ukurannya dapat dinyatakan dalam angka kelas kekasaran, dengan sesuai Tabel 3..6.

Sebuah konfigurasi permukaan dapat diperinci :

- Seperti pada Gambar 3.7 (a), yang dihasilkan oleh suatu cara produksi;
- Seperti pada Gambar 3.7 (b), dihasilkan dengan membuang bahan oleh mesin;
- Seperti pada Gambar 3.7 (c), dihasilkan tanpa pembuangan bahan.

Jika hanya satu harga yang diperinci, maka harga kekasaran permukaan maksimum yang dicantumkan. Bilamana diperlukan mencamtumkan batas-batasmaksimum dan minimum dari ukuran utama kekasaran permukaan, maka kedua harga tersebut harus dicantumkan seperti pada Gambar 3.8, dengan batas maksimum ($a_1$) di atas batas minimum ($a_2$).

**Tabel 3. 6Harga kekasaran Ra dan angka kelas kekasaran**

| Lambang | Harga Kekasaran (Ra) dalam um |
|---|---|
| N1 | 0,025 |
| N2 | 0,05 |
| N3 | 0,1 |
| N4 | 0,2 |
| N5 | 0,4 |
| N6 | 0,8 |
| N7 | 1,6 |
| N8 | 3,2 |
| N9 | 6,3 |
| N10 | 12,5 |
| N11 | 25 |
| N12 | 50 |

Tabel berikut di bawah ini menunjukkan kemampuan proses untuk mencapai harga kekasaran rata-rata (Ra). Dengan dasar tabel dapat ditentukan harga kekasaran umum untuk suatu gambar kerja. Misalnya benda kerja yang akan dikerjakan dengan mesin bubut, dapat dipilih harga kekasaran umum antara N7 sampai dengan N9.

**Tabel 3. 7 Harga kekasaran rata-rata dari tiap proses**

| Proses | Lambang: N12, N11, N10, N9, N8, N7, N6, N5, N4, N3, N2, N1 — Harga Ra ( m): 200, 100, 50, 25, 12,5, 6,3, 3,2, 1,6, 0,8, 0,4, 0,2, 0,1, 0,05, 0,025, 0,012, 0,006 |
|---|---|
| Flame cutting | |
| Sawing | |
| Abrasive cutting | |
| Shearing, Fine blanking | |
| Sand blasting | |
| Ball blasting | |
| Turning | |
| Superfine turning | |
| Planing, Shaping | |
| Drilling, Boring | |
| Countersinking | |
| Reaming | |
| Face milling | |
| Peripheral milling | |
| Broaching | |
| Scraping | |
| Face grinding | |
| Peripheral grinding | |
| Plain grinding | |
| Honing | |
| Superfinish | |
| Plain lapping | |
| Round lapping | |
| Polishing | |
| Spark erosion | |

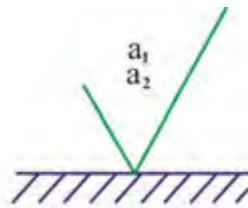
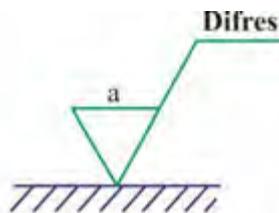
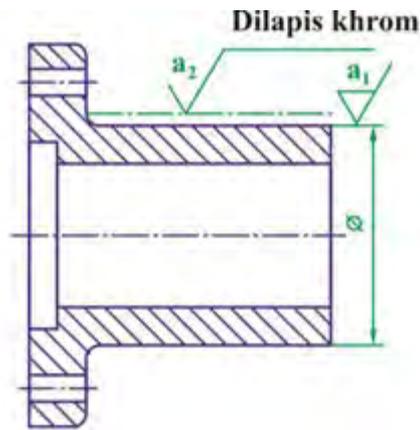
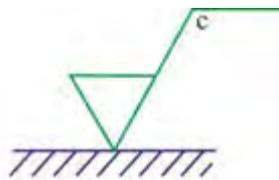
Pengerjaan dengan cara : Kasar Sedang Halus

b Penunjukan Konfigurasi Permukaan Khusus

Dalam keadaan-keadaan tertentu, untuk alasan fungsional, mungkin diperlukan memperinci persyaratan tambahan khusus untuk konfigurasi permukaan.

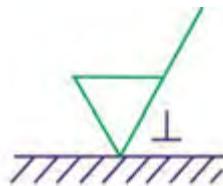
Jika diperlukan suatu cara produksi khusus, penjelasan caranya dapat diperinci pada perpanjangan kaki sudut yang panjang dari lambang, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.9.

Tiap petunjuk mengenai penanganan (treatment) atau pelapisan (coating) harus dijelaskan pada garis perpanjangan. Bilamana ditentukan lain, harga numerik dari kekasaran hanya berlaku untuk konfigurasi setelah penanganan atau pelapisan. Jika dikehendaki ketentuan konfigurasi permukaan sebelum dan sesudah penanganan, maka hal ini harus dijelaskan sesuai dengan Gambar 3.10.

Panjang contoh harus dijelaskan di sebelah lambang, seperti pada Gambar 3.11, tetapi hal ini dapat diabaikan bila hal ini sesuai dengan kekasaran permukaan, yang telah diuraikan pada materi sebelumnya.

**Gambar 3. 8 Penunjukan batas-batas maksimum dan minimum dari kekasaran permukaan.**

**Gambar 3. 9 Penunjukan cara produksi.**

**Gambar 3. 10 Penunjukan untuk pengerjaan atau pelapisan.**

**Gambar 3. 11 Penunjukan panjang contoh.**

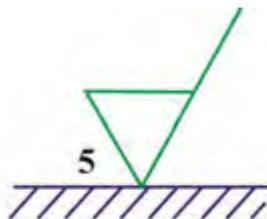
### 3.3 Lambang untuk Menyatakan Arah bekas Pengerjaan

Arah bekas pengerjaan adalah arah pola permukaan yang dominan, yang ditentukan oleh cara pengerjaan yang dipergunakan.

Arah bekas pengerjaan ini ditentukan oleh sebuah lambang, yang ditambahkan pada lambang konfigurasi permukaan, menurut Gb. 15.12, bila hal ini dirasa perlu.

**Gambar 3. 12 Penunjukan arah bekas pengerjaan.**

Sederetan lambang disajikan pada Tabel 15.7, yang menunjukkan arah bekas pengerjaan yang umum.

### 3.4 Menyatakan Kelonggaran Pemesinan

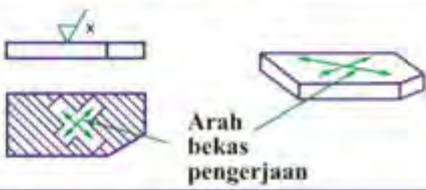
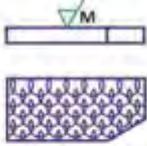
Jika harga kelonggaran pemesinan perlu diperinci, maka hal ini harus dijelaskan di sebelah kiri lambang, seperti pada Gambar 3.13. Harga ini harus dinyatakan dalam mm.

**Gambar 3. 13 Penunjukan kelonggaran untuk pemesinan.**

### 3.5 Posisi Perincian Konfigurasi Permukaan pada Lambang

Spesifikasi konfigurasi permukaan harus ditempatkan pada lambang seperti pada Gambar 3.14.

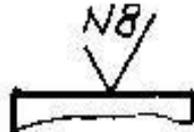
**Gambar 3. 14 Posisi keterangan-keterangan permukaan pada lambang.**

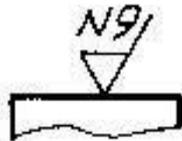
**Tabel 3. 8 Lambang arah bekas pengerjaan.**

| Lambang | Pengertian |
|---|---|
| = | Sejajar dengan bidang proyeksi, dari pandangan di mana lambang-nya dipergunakan. Arah bekas pengerjaan |
| ⊥ | Tegak lurus pada bidang proyeksi dari pandangan di mana lambang-nya dipergunakan. Arah bekas pengerjaan |
| X | Saling berpotongan dalam dua arah miring relatif terhadap bidang pro-yeksi dari pandangan di mana lam-bangnya dipergunakan. Arah bekas pengerjaan |
| M | Dalam segala arah |
| C | Kurang lebih bulat relatif terhadap titik pusat permu-kaan, terhadap mana lambang-nya dipergunakan |
| R | Kurang lebih radial relatif terhadap titik pusat permu-kaan, terhadap mana lambang-nya dipergunakan |

Permukaan suatu benda kerja harus dikondisikan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi fungsinya. Misalnya fungsi harus rapat terdapat kebocoran.

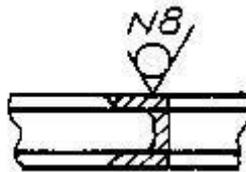
Berdasarkan uraian tersebut, dalam gambar kerja, kondisi permukaan yang diinginkan harus diinformasikan dengan lambang-lambang standar berikut ini.

## 4. Tanda Pengerjaan dan Harga Kekasaran

Kondisi permukaan yang dihasilkan dari suatu cara produksi harus mempunyai kekasaran maksimum N8.

**Gambar 3. 15 Lambang Pengerjaan untuk Semua Proses**

Kondisi permukaan yang dikerjakan dengan mesin harus mempunyai kekasaran maksimum N9.

**Gambar 3. 16 Lambang Pengerjaan dengan Mesin**

*Gambar 2.6 Lambang Pengerjaan dengan Mesin*

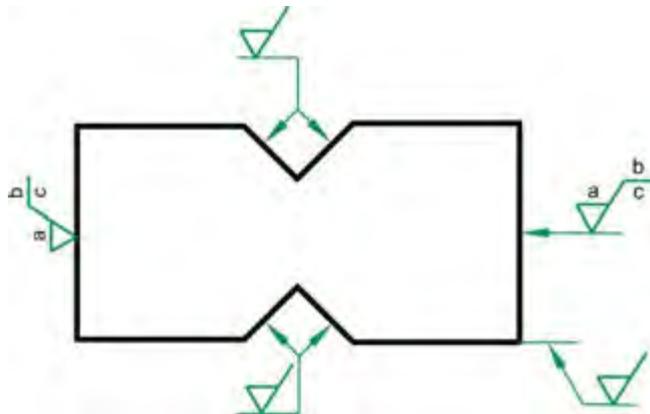
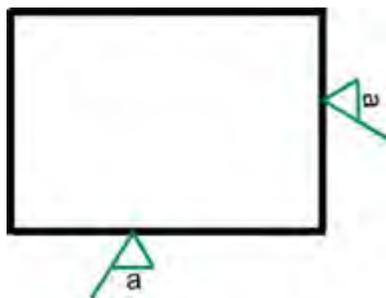
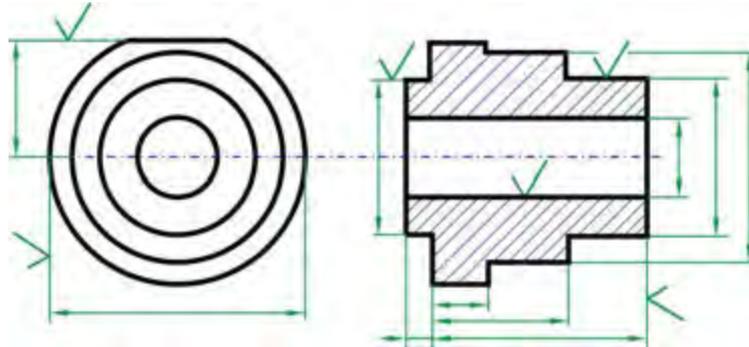
Kondisi permukaan harus mempunyai kekasaran maksimum N8 dengan proses yang tidak menghasilkan tatal. Misalnya dirol atau permukaan tersebut tidak dikerjakan lagi (hasil dari pabrik baja).

**Gambar 3. 17 Lambang Pengerjaan tanpa Tatal**

Kondisi permukaan harus mempunyai kekasaran minimum N6 dan maksimum N8.

**Gambar 3. 18 Lambang Kekasaran Minimum dan Maksimum**

Lambang-lambang maupun penulisan harus diletakkan demikian rupa,

agar dapat dibaca dari bawah maupun dari sebelah kanan gambar , sesuai dengan ISO/R129.

Bilamana peraturan umum ini dianggap tidak praktis, maka lambangnya dapat ditempatkan dalam posisi apapun, hanya bila mana tidak ada penunjukan lain untuk konfigurasi permukaan khusus atau kelonggaran pemesinan. Walaupun demikian, dalam hal-hal demikian, penulisan harga penafsiran utama untuk kekasaran harus selalu ditulis sesuai dengan peraturan umum.

**Gambar 3. 19 Penunjukan lambang dalam gambar**

**Gambar 3. 20 Arah tulisan dalam lambang**

**Gambar 3. 21 Penunjukan lambang yang berhubungan dengan ukuran yang bersangkutan.**

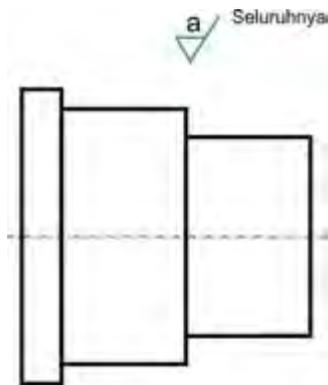
Jika dianggap perlu, maka lambangnya dapat dihubungkan dengan garis penunjuk yang berakhir dengan ujung panah.

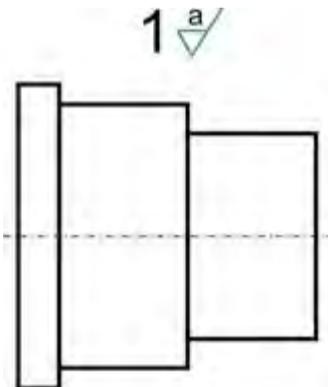
Lambang atau ujung panah dari garis penunjuk harus menunjuk dari luar bahan benda ke garis yang mewakili permukaan, atau ke perpanjangannya.

Lambang tersebut hanya dipergunakan sekali untuk sebuah permukaan tertentu, dan bila mungkin pada penampang yang menunjukkan posisi atau ukuran permukaan tersebut.

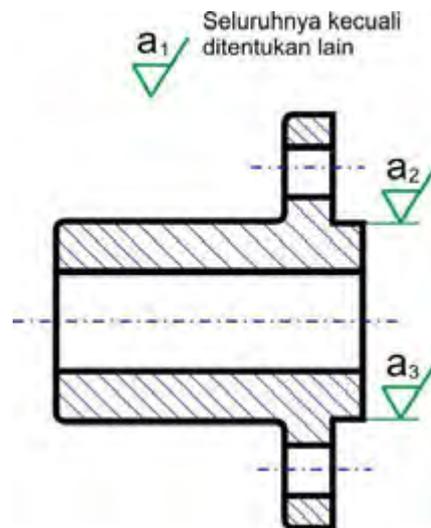
## 5. Penunjukan Konfigurasi Permukaan yang Sama untuk Beberapa Permukaan

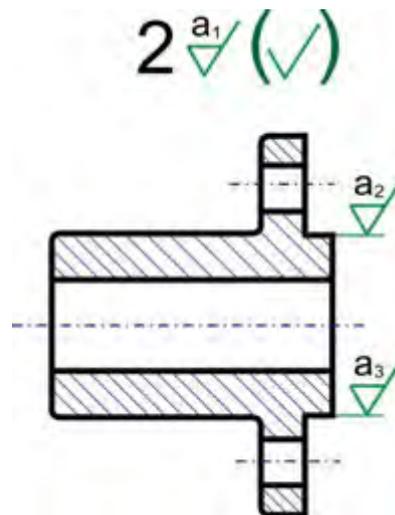
Jika konfigurasi yang sama diperlukan untuk semua permukaan benda, perinciannya adalah dengan :

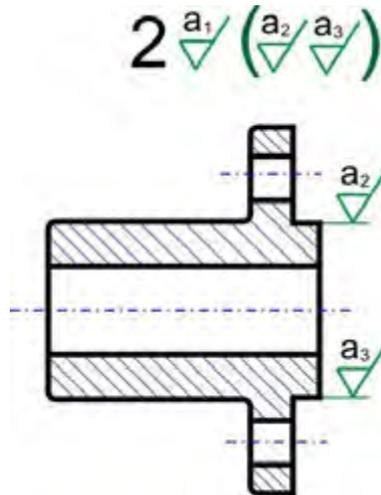
- Catatan dekat gambar (Gb. 15.18), dekat kepala gambar atau dalam ruang yang diperuntukkan catatan-catatan umum;

**Gambar 3. 22 Penunjukan konfigurasi permukaan untuk seluruh permukaan dengan catatan.**

- Menulis lambangnya di belakang nomor benda.

**Gambar 3. 23 Penunjukan konfigurasi untuk seluruh permukaan setelah nomor bagian.**

Jika diperlukan konfigurasi permukaan yang sama untuk sebagian besar permukaan dari benda, perinciannya sama dengan di atas, dengan tambahan sebagai berikut :

- Tulisan “kecuali ditentukkan lain”;

**Gambar 3. 24 Penunjukan konfigurasi permukaan utama dengan catatan.**

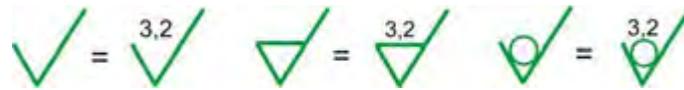
- Atau sebuah lambang dasar (dalam kurung) tanpa suatu tanda apapun;

**Gambar 3. 25 Penunjukan konfigurasi utama dengan lambang dasar.**

- atau lambang atau lambang-lambang (dalam kurung) dari konfigurasi permukaan khusus (Gb. 15.22).

**Gambar 3. 26 Penunjukan konfigurasi permukaan utama dengan lambang khusus.**

Lambang atau lambang-lambang untuk konfigurasi permukaan, yang merupakan pengecualian dari lambang umum ditunjukkan pada permukaan-permukaan yang bersangkutan.

Untuk menghindari pengulangan spesifikasi yang rumit beberapa kali, atau bila mana ruangnya terbatas, sebuah keterangan yang disederhanakan boleh dipergunakan, dengan catatan bahwa pengertiannya dijelaskan pada gambar, dekat kepala gambar atau dalam ruang untuk catatan-catatan umum.

**Gambar 3. 27 Penyederhanaan keterangan.**

Jika konfigurasi permukaan yang sama diperlukan untuk sejumlah besar permukaan benda, salah satu lambang dari Gb. 15.4, 15.5 atau 15.6 dapat dipergunakan pada permukaan-permukaan yang sesuai dan pengertiannya diberikan dalam gambar, seperti misalnya Gb. 15.24.

Gambar 3. 28 Keterangan yang disederhanakan.

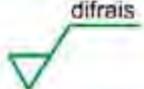
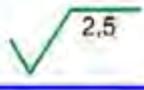
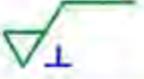
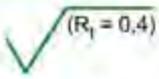
Tabel ringkasan dari penunjuk konfigurasi permukaan terdapat pada Tabel 3.3 s/d 3.6.

**Tabel 3. 9 Lambang tanpa tulisan**

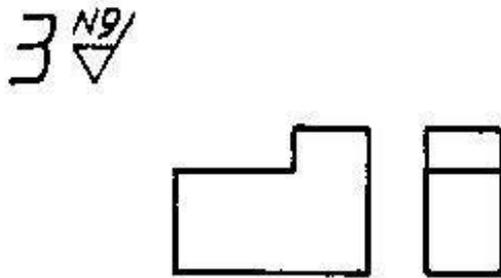
| | Lambang | Pengertian |
|---|---|---|
| 1 | | Lambang dasar. Hanya dapat dipergunakan bila mana dijelaskan dengan catatan |
| 2 | | Permukaan yang di mesin tanpa keterangan atau detil lain |
| 3 | | Permukaan yang permukaannya tidak diperkenankan dibuang bahannya. Lambang ini dapat dipergunakan pada gambar mengenai proses produksi, yang menjelaskan bahwa semua permukaan harus tetap dalam keadaan akibat hasil proses pembuatan sebelumnya, meskipun keadaan ini diperoleh dari hasil pembuangan bahan maupun cara lain. |

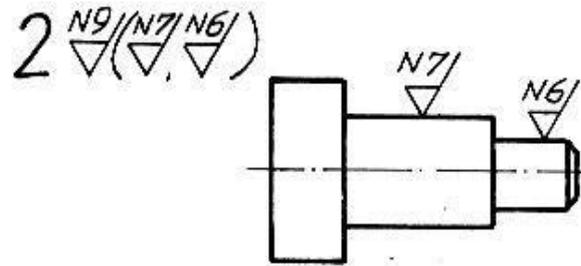
**Tabel 3. 10 Lambang-lambang dengan penunjukan persyaratan utama dari kekasaran $R_a$**

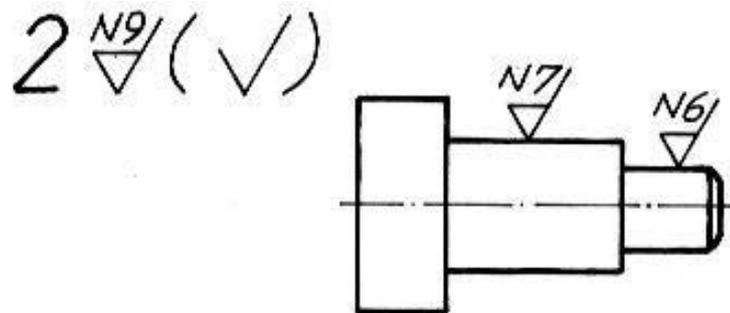
| | Lambang | | | Pengertian |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,2 atau N8 | 3,2 atau N8 | 3,2 atau N8 | Sebuah permukaan dengan nilai kekasaran permukaan maksimum $R_a$ dari 3,2 µm |
| 2 | 6,3 1,6 atau N9 N7 | 6,3 1,6 atau N9 N7 | 6,3 1,6 atau N9 N7 | Sebuah permukaan dengan nilai kekasaran permukaan maksimum $R_a$ dari 6,3 µm dan minimum dari 1,6 µm |

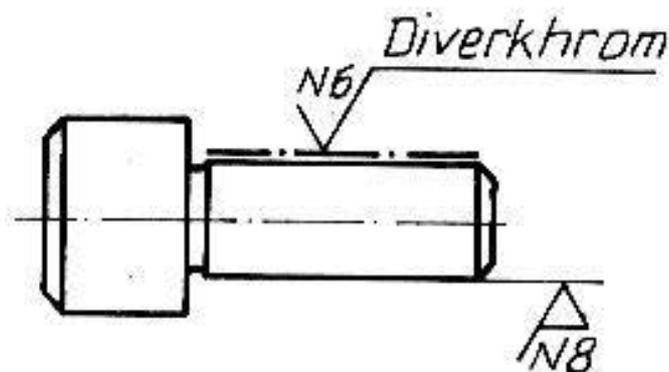
**Tabel 3. 11 Lambang-lambang dengan penunjukan tambahan**

| | Lambang | Pengertian |
|---|---|---|
| 1 | difrais | Cara produksi : difres |
| 2 | 2,5 | Panjang contoh: 2,5 mm |
| 3 | ⊥ | Arah bekas pengerjaan: tegak lurus pada bidang proyeksi dari pandangan |
| 4 | 2 | Kelonggaran pemesinan: 2 mm |
| 5 | ($R_t$ = 0,4) | Penunjukan (dalam kurung) dari persyaratan yang lain dari pada yang dipakai untuk $R_a$, umpamanya $R_t$ = 0,4 µm |

## 6. Penyajian pada Gambar

Lambang harus disimpan pada tempat yang jelas terlihat, apabila diputar harus searah dengan putaran jarum jam, dibaca seperti membaca angka ukur, berlaku prinsip simetri, cukup satu lambang pada bidang yang sama untuk gambar dengan dua pandangan.

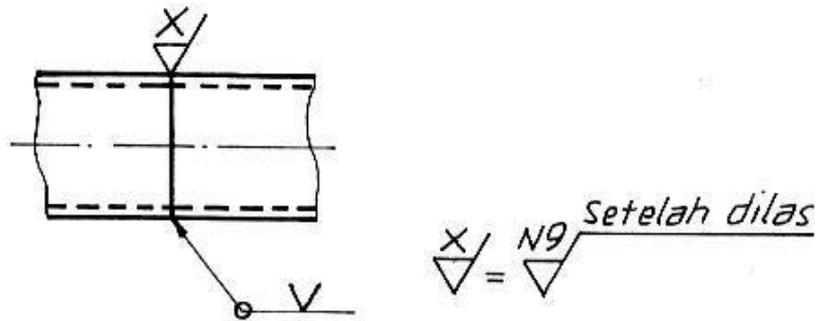
Penyederhanaan dilakukan untuk kondisi permukaan dengan harga kekasaran yang sama, disimpan pada tempat yang mudah terlihat, biasanya di kiri atas gambar setelah nomor bagian.

**Gambar 3. 29Kondisi Permukaan Umum**

Kondisi permukaan dengan harga kekasaran yang berbeda disajikan seperti Gambar 2.14. Kondisi permukaan umum yaitu beberapa kondisi permukaan dengan harga kekasaran yang sama (biasanya pengerjaannya secara umum, misalnya dibubut) ditempatkan setelah nomor bagian dan kondisi permukaan khusus ditempatkan dalam tanda kurung juga harus ditempatkan langsung pada permukaan yang dimaksud. Gambar di sampingnya merupakan penyederhanaan, kondisi permukaan khusus dicantumkan langsung pada permukaan yang dimaksud, sedangkan lambang dasar disimpan dalam tanda kurung setelah kondisi permukaan umum. Kedua gambar mempunyai maksud yang sama.

**Gambar 3. 30 Penyajian Lambang Umum dan Khusus**

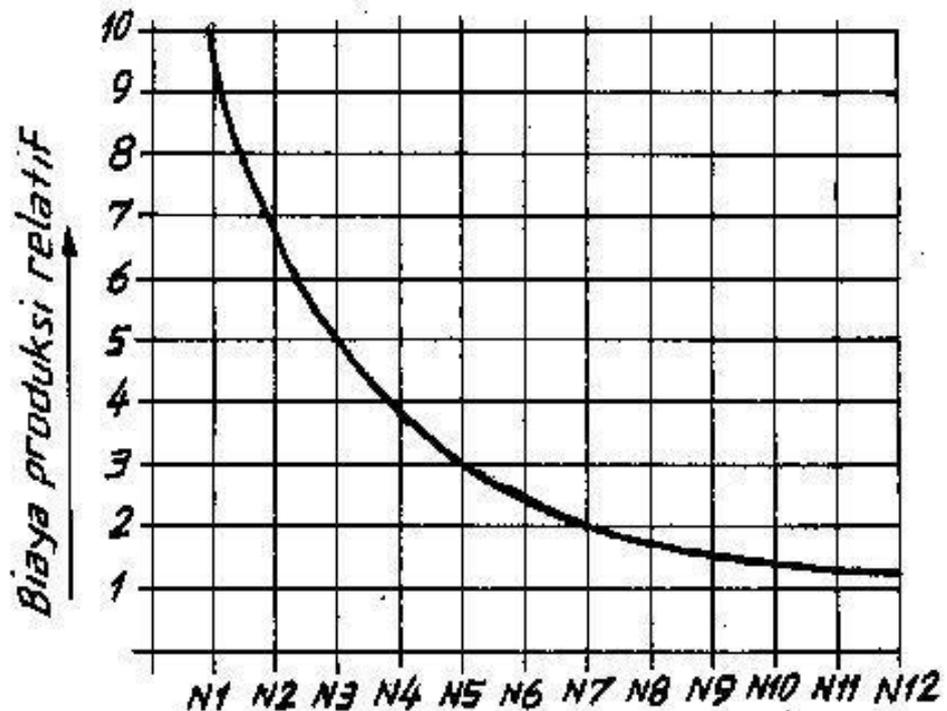
atau

**Gambar 3. 31 Penyajian Lambang Umum dan Khusus**

Kedua lambang lambang harus dicantumkan untuk permukaan yang dikerjakan khusus dengan harga kekasaran yang berbeda dengan proses sebelumnya. Untuk proses khusus (akhir) dicantumkan pada garis rantai tebal titik tunggal (gambar).

**Gambar 3. 32 Lambang untuk Permukaan yang Dikerjakan Khusus**

Harga kekasaran dapat diwakili dengan huruf jika rumit apabila

dicantumkanmenurut aturan yang biasa, seperti gambar berikut ini.

**Gambar 3. 33 Penyederhanaan**

## 7. Hubungan antara Harga Kekasaran dengan Biaya Produksi

Diagram berikut ini memperlihatkan hubungan antara harga kekasaran dengan biaya produksi, semakin kecil harga kekasaran akan menyebabkan semakin tinggi biaya produksi, bahkan dapat beberapa kali lipat harganya.

## C. Rangkuman

1) Fungsi dari kondisi permukaan ialah sebagai instruksi bagi operator untuk penyelesaian akhir (*finishing*) untuk pengerjaan suatu permukaan benda kerja.
2) Tanda pengerjaan adalah lambang bagi suatu perintah proses pengerjaan.
3) Harga kekasaran (Ra) adalah harga kekasaran rata-rata maksimum yang harus dicapai oleh suatu proses pengerjaan.
4) Lambang harus dicantumkan pada tempat yang mudah terlihat dengan jelas.
5) Untuk kekasaran umum, pilihlah harga kekasaran yang paling kasar yang masih dapat memenuhi fungsinya.
6) Informasi mengenai proses pengerjaan, kelebihan ukuran, arah alur bekas pengerjaan, panjang contoh hanya dicantumkan apabila benar-benar diperlukan.
7) Lambang tidak dicantumkan (tidak berlaku) pada gambar ulir, lubang bor atau hasil dari punching tool , lubang kontersing atau konterbor untuk dudukan kepala baut/sekrup.
8) Harga kekasaran maksimum N7 untuk
   (a) permukaan yang akan dipasangi *seal* (rapat terhadap kebocoran).
   (b) permukaan yang bertoleransi mikrometer (toleransi ISO).
   (c) permukaan yang dalam fungsinya akan bergesekan seperti permukaan roda gigi.

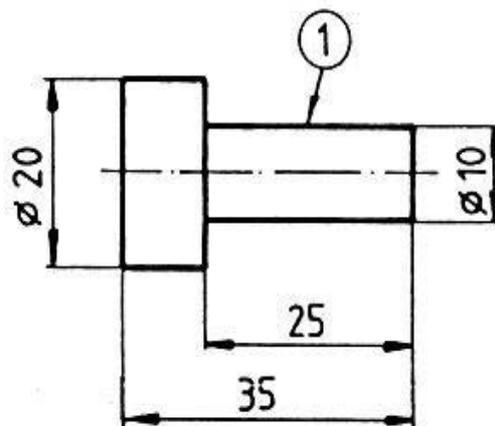
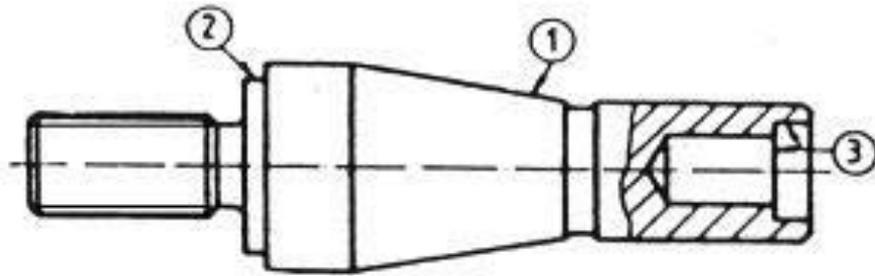
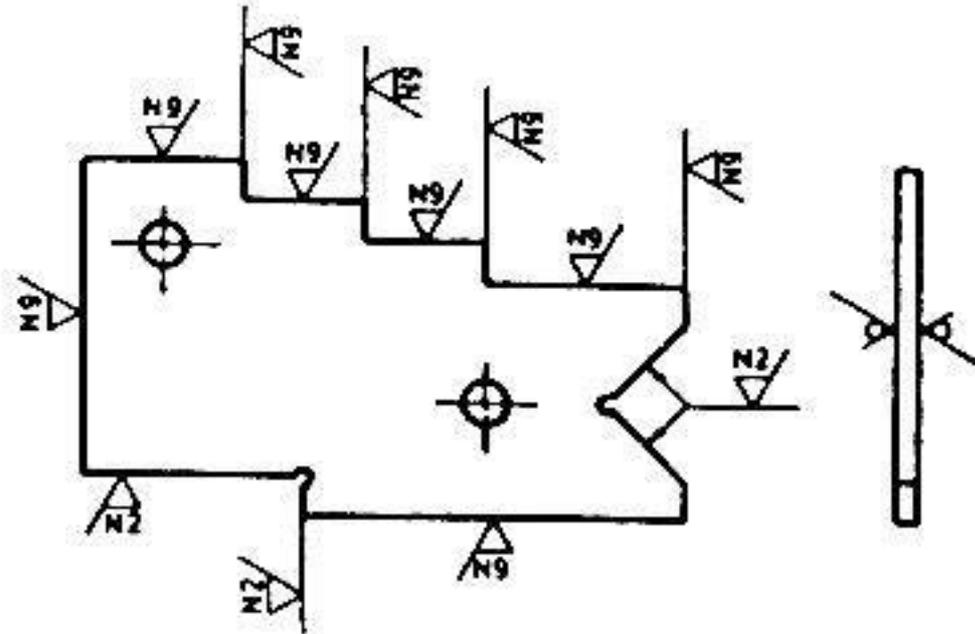
## D. Tugas

1) Kerjakan tugas sesuai kriteria unjuk kerja yang dipersyaratkan yaitu gambar-gambar dibuat secara isometri, proyeksi ortogonal serta menggunakan lambang menurut ISO.
2) Fahami uraian materi pemelajaran dan jika memungkinkan pelajari juga materi yang sama dari sumber lain.
3) Susunlah hasil kegiatan belajar Anda dalam bentuk arsip untuk keperluan kegiatan penilaian.
4) Lakukan kajian dari keseluruhan kegiatan belajar Anda.
5) Konsultasikan dan lakukan tutorial dengan guru semua kegiatan belajar Anda.

## E. Gambar Kerja

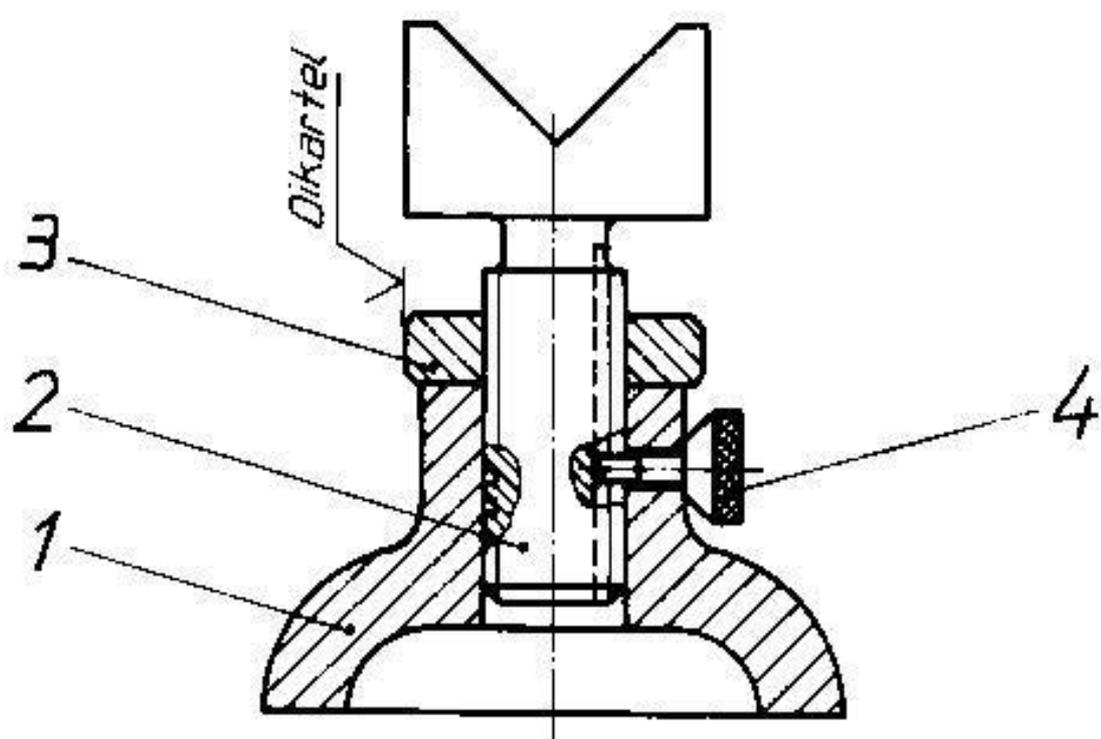
**Latihan 1**

Buatlah gambar kerja bagian mesin berikut ini, lengkap dengan ketentuanstandar pada uraiannya.

Harga kekasaran umum untuk bagian ini N8, permukaan (1) N6 dan $\phi$10h6, toleransi umum kualitas sedang, tentukan bahan yang sesuai jika fungsinya sebagai pena.

Harga kekasaran umum untuk poros ini N8, (1) dengan Ra=0,4μm, (2) dan (3) dengan Ra=0,8μm. Buatlah gambarnya, lengkap dengan ukuran yang perlu dan toleransi yang sesuai serta tentukan bahan yang tepat.

Buatlah gambar berikut lengkap dengan dengan ukuran yang yang perlu, toleransi umum dengan kualitas sedang, sederhanakan lambang untuk kondisi permukaannya serta tentukan bahan yang tepat sesuai dengan fungsinya sebagai pelat pemeriksa.

**Latihan 2**

Berdasarkan gambar susunan “Pendukung” berikutini, buatlah gambar kerja nomor bagian 1, 2, 3 dan 4 dengan ketentuan:

1. pandangan/potongan yang perlu;
2. pemberian ukuran yang perlu;
3. pertimbangkan toleransi bagian yang berpasangan, toleransi umum dengan kualitas sedang;
4. tentukan kondisi permukaan yang sesuai;
5. tentukan nama bagian yang sesuai dengan fungsinya dan pilihlah bahan yang tepat.

Dikartel
3
2
1
4

## DAFTAR PUSTAKA

1. G. Takeshi Sato; N. Sugiarto H.; Menggambar Mesin Menurut Standar ISO; Pradnya Paramita; Jakarta; 1999
2. Wahyu Makhmud Sueb; Eka Yogaswara; Darso; Menggambar Bagan Mesin Secara Terperinci; Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, 2004